

**Universidade Federal de Santa Catarina  
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE  
UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA EM  
UMA ESCOLA PÚBLICA NO MUNICÍPIO DE SEARA - SC**

**Marina Boldo Lisboa**

**FLORIANÓPOLIS, SC  
NOVEMBRO/2008**

**Universidade Federal de Santa Catarina  
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE  
UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA EM  
UMA ESCOLA PÚBLICA NO MUNICÍPIO DE SEARA - SC**

**Marina Boldo Lisboa**

**Trabalho apresentado à Universidade  
Federal de Santa Catarina para Conclusão  
do Curso de Graduação em Engenharia  
Sanitária e Ambiental**

**Orientador  
Prof. Dr. Henrique de Melo Lisboa**

**Co-orientador  
Eng. Dr. Marcio Andrade**

**FLORIANÓPOLIS, SC  
NOVEMBRO/2008**


**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE  
UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA EM  
UMA ESCOLA PÚBLICA NO MUNICÍPIO DE SEARA - SC**

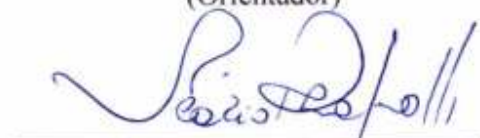
**Marina Boldo Lisboa**

**Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos requisitos para  
Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental –  
TCC II**

**BANCA EXAMINADORA:**



**Prof. Dr. Henrique de Melo Lisboa**  
(Orientador)



**Prof. Dr. Flávio Rubens Lapolli**  
(Membro da Banca)



**Prof. Dr. Masato Kobiyama**  
(Membro da Banca)

**FLORIANÓPOLIS, SC  
NOVEMBRO/2008**

## **AGRACEDIMENTOS**

À minha família, pelo amor, carinho, educação, e apoio em todas as minhas decisões;

Aos meus verdadeiros amigos, responsáveis por grande parte da minha felicidade;

Ao meu namorado, Patrick, pelo amor, compreensão e paciência nos momentos mais difíceis desta etapa da minha vida;

A todos os meus professores, pela contribuição à minha formação e conhecimento adquirido ao longo desta trajetória;

À diretoria e funcionários da Escola de Educação Básica Rosina Nardi, por terem me aberto as portas da Escola, me fornecendo todo material necessário para a realização deste trabalho;

Ao Prof. Henrique, meu querido pai, pela orientação, e principalmente, por ser meu exemplo, meu ídolo, hoje e sempre;

E um agradecimento especial ao Eng. Marcio Andrade, por ter me transmitido tanto conhecimento sobre este tema, me aconselhando, orientando e respondendo a todas as minhas perguntas, com uma paciência inesgotável.

## RESUMO

Devido ao grave problema da escassez da água de boa qualidade pelo qual o planeta está passando, a discussão acerca de novas formas de captação, armazenamento e aproveitamento da água ganha importância. Neste contexto, surge o sistema de aproveitamento de água da chuva como uma das principais soluções para melhorar a gestão do uso da água, incluindo benefícios ambientais, sociais e econômicos. O objetivo geral deste trabalho é analisar a viabilidade econômica relativa à implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva em uma instituição de ensino no município de Seara - SC. Serão analisados dois materiais para a construção do reservatório armazenador de água de chuva: ardósia e aço galvanizado. A metodologia adotada envolve um estudo descritivo da instalação do sistema de aproveitamento na escola, contando com o dimensionamento dos componentes integrantes. Para isso foram levantados os dados pluviométricos da região, a previsão do consumo e demanda na escola, o levantamento do custo de implantação do sistema, para no fim se obter os períodos de retorno do investimento. Os resultados comprovaram a viabilidade econômica do sistema, visto que foram encontrados períodos de retorno de 2 anos e 4 anos e meio, para a ardósia e para o aço galvanizado, respectivamente. Portanto, considerando o menor período de retorno, e a maior durabilidade, foi escolhido o reservatório de ardósia para armazenar a água da chuva.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água de chuva, Aproveitamento da água de chuva, Viabilidade econômica do uso da água de chuva.

## ABSTRACT

Due to the serious problem about the water lack of good quality which the planet is passing, the discussion about new forms of rainwater collection, storage and use, is getting importance. In this context, the system of rainwater use seems one of main solutions for improving the water resources management, including environmental, social and economic benefits. The general goal of this work is to analyze the economic viability of the implantation of a rainwater use system at a school in Seara city- SC. Two materials were analyzed for the storage tank construction: slate rock and galvanized steel. The method involves a description of system installation of rainwater use, with the design of integrant components. For that, precipitation tools, the consumption prevision, the supply at the school, and the system implantation cost will be raised. At last, the return periods of investment were determined. The results proved the economic viability of the system, as much as low returns period were founded: 2 years for the slate and 4 years and half for the galvanized steel. So, considering the smallest return period, and the biggest durability, the slate tank was chosen for the rainwater storage.

**KEY-WORDS:** Rainwater, Rainwater use, Economic viability of rainwater use.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	8
2. OBJETIVOS .....	10
2.1. Objetivo Geral.....	10
2.2. Específicos .....	10
3. JUSTIFICATIVA .....	10
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	11
4.1. A Importância da Água.....	11
4.2. Precipitações Pluviométricas .....	11
4.3. Aproveitamento da Água da Chuva.....	12
4.3.1. Histórico .....	13
4.3.2. Legislação e Normas para Aproveitamento de Água de Chuva.....	14
4.3.3. Qualidade das Águas Pluviais.....	15
4.3.4. Componentes de um Sistema de Aproveitamento da Água da Chuva .....	18
4.3.5. Estudos Econômicos Realizados.....	26
5. METODOLOGIA.....	27
5.1. Caracterização da Área de Estudo .....	27
5.1.1. Município de Seara – SC .....	27
5.1.2. Escola de Educação Básica Rosina Nardi .....	28
5.2. O Sistema de Captação de Água de Chuva.....	29
5.2.1. Descrição do Sistema.....	29
5.2.2. Definição da Área de Captação.....	32
5.2.3. Determinação dos Usos da Água.....	32
5.2.4. Disponibilidade de Água .....	33
5.2.5. Consumo de Água .....	33
5.2.6. Componentes Necessários .....	34
5.3. Dimensionamento do Reservatório Armazenador de Água de Chuva .....	41
5.4. Dimensionamento das Calhas e Condutores.....	42
5.4.1. Calhas .....	42
5.4.2. Condutores Verticais .....	43

5.4.3. Condutores Horizontais.....	44
5.5. Análise de Viabilidade Econômica.....	45
5.5.1. Economia Estimada na Conta de Água.....	45
5.5.2. Levantamento do Custo de Implantação do Sistema.....	46
5.5.3. Determinação do Período de Retorno do Investimento.....	46
5.5.4. Determinação da Alternativa mais Atrativa.....	47
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
6.1. Levantamento de Dados Pluviométricos .....	48
6.2. Disponibilidade de Água de Chuva .....	49
6.3. Consumo Diário de Água .....	50
6.4. Volume do Reservatório Armazenador de Água Pluvial.....	51
6.5. Dimensionamento das Calhas e Condutores.....	51
6.5.1. Calhas .....	51
6.5.2. Condutores Verticais .....	52
6.5.3. Condutores Horizontais.....	53
6.6. Economia Estimada na Conta de Água e Esgoto.....	56
6.7. Levantamento do Custo de Implantação do Sistema .....	57
6.7.1. Custo do Reservatório Apoiado ao Terreno .....	57
6.7.2. Custo do Dispositivo de Desvio das Águas das Primeiras Chuvas e Dispositivo de Retirada dos Sólidos .....	58
6.7.3. Custo dos Tubos e Conexões, Acessórios, Caixas d'Água e Bomba .....	58
6.8. Determinação do Período de Retorno do Investimento .....	59
6.9. Determinação da Alternativa mais Atrativa.....	60
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	61
8. BIBLIOGRAFIA .....	62
ANEXO .....	65

## 1. INTRODUÇÃO

Um grave problema mundial que afeta a sobrevivência dos seres humanos é a falta de água. O uso desordenado, o desperdício e o crescimento da demanda são fatores que contribuem com a intensificação da escassez de água potável no planeta (TOMAZ, 2003).

Durante muitos anos, a problemática da água esteve relacionada apenas à escassez desse insumo em áreas áridas e semi-áridas do globo. Mas todo o processo histórico de estabelecimento das populações em áreas próximas aos corpos d'água tem mostrado cada vez mais seus efeitos. Alguns destes núcleos cresceram, urbanizaram-se, intensificaram e diversificaram seus usos da água e, conseqüentemente, provocaram a redução do volume de água disponível com qualidade (DA SILVA & GONÇALVES, 2005).

A conscientização da importância da economia de água é um dos principais passos para atenuar o problema, e juntamente com o incentivo do governo, levar as pessoas a mudarem seus hábitos tendo como foco o uso racional da água (TOMAZ, 2003).

A problemática da água é composta por diversos elementos, dentre os quais (DA SILVA & GONÇALVES, 2005):

- Urbanização elevada e desordenada da infra-estrutura urbana;
- Diversificação e intensificação das atividades e conseqüentemente do uso da água;
- Impermeabilização e erosão dos solos;
- Ocupação de área de mananciais, com conseqüente poluição e assoreamento das margens;
- Conflitos gerados pelas concorrências entre os diversos aproveitamentos da água;
- Preponderância histórica dos interesses do setor hidroelétrico na política de recursos hídricos;
- Práticas agrícolas de utilização de produtos químicos e utilização dispendiosa de água;
- Deficiências no setor de saneamento e a relação entre água e saúde;
- Migrações populacionais que são motivadas pela escassez da água;
- Conflitos entre países gerados pela falta de água, muitos dos quais assumindo proporções de guerra; entre outros.

A captação de água pelo homem não pode ignorar os limites impostos pelo ciclo natural da mesma, o que nem sempre acontece. A exploração excessiva poderá determinar a secagem de zonas úmidas, o esgotamento dos lençóis freáticos (ou a sua salinização, nas zonas costeiras) e mesmo a desertificação, em determinadas regiões (ECO AGUA, 2008).

Em Santa Catarina, a escassez de água acontece com mais intensidade no oeste, o que acarreta prejuízos severos para a agricultura e o abastecimento, rural e urbano, forçando a população a racionalizar o uso da água. Na região litorânea este fenômeno acontece na alta temporada quando a população dobra e até triplica, e a demanda de água torna-se insuficiente para suprir os usos, ocorrendo à falta de água nas residências (PETERS, 2006).

Como a utilização da água pelo homem depende da captação, do tratamento e da distribuição dessa água, é importante buscar formas alternativas de captação de água de



boa qualidade. Nesse contexto figura entre as mais limpas a água da chuva, além de ser de baixo custo. A procura por novas formas de captação da água tem se mostrado cada vez mais freqüente devido à grande poluição que o homem vem fazendo às suas reservas de água doce, bem como, a eminência da escassez de água (FERNANDES et al., 2007).

O aproveitamento da água de chuva é, portanto, um meio de racionalizar o uso da água, que pode servir para a irrigação, para o abastecimento humano e industrial, e ainda reduz os riscos de enchentes em regiões que possuem solos altamente impermeabilizados (TOMAZ, 2003). Segundo Guilherme (2006), citado por Fernandes et al (2007), essa forma de aproveitamento tem apontado ser viável por ser uma alternativa de baixo custo, e eficaz em resolver o problema da demanda prolixa de água destinada ao consumo humano.

Imerso nesse contexto, o principal objetivo deste trabalho é expor a viabilidade econômica da instalação de um sistema de aproveitamento da água de chuva na Escola de Educação Básica Rosina Nardi, do município de Seara – SC. Foram analisados dois materiais para a constituição do reservatório armazenador de água pluvial: placas de ardósia armadas e chapas de aço galvanizado.

A metodologia adotada envolve um estudo descritivo da instalação do sistema de aproveitamento na escola, contando com o dimensionado dos componentes integrantes. Para isso serão levantados os dados pluviométricos da região, a previsão do consumo e demanda na escola, o levantamento do custo de implantação do sistema, para no fim se obter os períodos de retorno do investimento.

A análise de viabilidade econômica foi realizada por meio do cálculo do valor presente líquido (VPL), sendo que para auxiliar a interpretação dessa análise foram utilizados diagramas de fluxo de caixa.

A implantação deste sistema de captação da água de chuva faz parte do Projeto “Desenvolvimento de Tecnologias Apropriadas para Sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva” financiado pela Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina (FAPESC), com recursos repassados pela Secretária de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável, SDS do Governo de Santa Catarina e tem como executora a Fundação de Estudos e Pesquisas Sócio-Econômicos (FEPESE).

O projeto do sistema proposto neste trabalho será feito de forma que este seja eficiente, porém que não tenha altos custos de implantação e manutenção, para que, dessa forma, ele possa ser adotado por grande parte da população, independentemente da classe social.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Fazer uma análise de viabilidade econômica relativa à implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva em uma escola pública no município de Seara - SC.

### **2.2. Específicos**

- Projetar um sistema de aproveitamento de água da chuva, analisando duas opções de materiais para o reservatório de armazenamento de água pluvial;
- Levantar os dados climáticos da região necessários à realização deste estudo;
- Estimar o consumo de água na escola;
- Levantar os custos de implantação do sistema;
- Determinar o tempo de retorno do investimento considerando a economia na tarifa de água e esgoto e o custo de implantação do sistema.
- Verificar qual alternativa é mais atrativa.

## **3. JUSTIFICATIVA**

Devido à limitação de reservas de água doce no planeta, o aumento da demanda de água para atender, principalmente, o consumo humano, agrícola e industrial, e a prioridade de utilização dos recursos hídricos disponíveis para abastecimento público, torna-se necessária a adoção de estratégias que visem racionalizar a utilização dos recursos hídricos. Além disso, a heterogeneidade da distribuição dos recursos hídricos e das populações nas diversas regiões do planeta e mesmo no Brasil, faz com que seja cada vez mais difícil o abastecimento de algumas regiões, tendo por consequência aumentos gradativos dos custos de fornecimento de água (FIESP, 2008).

Neste contexto, o aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis torna-se uma maneira inteligente de não desperdiçar uma água pura e tratada na limpeza de jardins, gramados, descargas de banheiros e outras aplicações industriais, que não necessitam de água potável (TOMAZ, 2003).

É importante salientar que a adoção de um sistema de aproveitamento de águas pluviais implica na redução permanente do valor da conta de água, pois parte da água consumida passará a ter origem pluvial. Porém, isso também implica num custo de investimento inicial, que dependendo do sistema implantado pode ser muito elevado. Por esta razão faz-se necessário um estudo de viabilidade econômica, uma vez que a relação custo/benefício é de suma importância para a consolidação da possibilidade de instalação desse sistema.

## **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1. A Importância da Água**

O primeiro argumento para a defesa da importância da água é em torno da sua participação na distribuição sobre a superfície da Terra. No mundo, 97,5% da água é salgada, sendo que a água doce corresponde somente aos 2,5% restantes. Porém, 68,9% da água doce está congelada nas calotas polares e regiões montanhosas. A água subterrânea compreende 29,9% do volume total de água doce do planeta, sendo que 0,266% da água doce representa toda água dos lagos, rios e reservatórios (ou seja, 0,007% do total de água doce e salgada existente no planeta). O restante da água doce está sob forma de vapor na biomassa e atmosfera (TOMAZ, 2003).

Os mais antigos filósofos gregos já afirmavam que tudo provém da água. A maior parte do peso de qualquer ser vivo é constituída por água. O corpo humano adulto possui 70% do seu peso formado por água, os vegetais 70% em média, podendo chegar, como o tomate, a 95% (BRANCO, 1993 apud OLIVEIRA, 2004).

O homem é intimamente dependente da água, em praticamente todas as ações humanas a água está envolvida, desde para usos domésticos como lavar roupa, descargas, banho, lavagem de automóvel; até mesmo na produção de diversos bens industriais como alimentos e têxteis. Segundo dados da ANA (2008), o Brasil utiliza, em média, 61% da água no setor agrícola, 18% no setor industrial e 21% no consumo humano. O uso da água de qualidade pelos homens é, principalmente, dentro de casa, para escovar os dentes, tomar banho, na cozinha, entre outros (FERNANDES et al., 2007).

#### A Conservação da Água

A Conservação da água pode ser definida como as práticas, técnicas e tecnologias que propiciam a melhoria da eficiência do seu uso. Conservar água significa atuar de maneira sistêmica na demanda e na oferta de água. Ampliar a eficiência do uso da água representa, de forma direta, aumento da disponibilidade para os demais usuários, flexibilizando os suprimentos existentes para outros fins, bem como atendendo ao crescimento populacional, à implantação de novas indústrias e à preservação e conservação do meio ambiente (FIESP, 2008).

As práticas conservacionistas como o uso eficiente e o reúso da água, constituem uma maneira inteligente de se poder ampliar o número de usuários de um sistema de abastecimento, sem a necessidade de grandes investimentos na ampliação ou a instalação de novos sistemas de abastecimento de água (FIESP, 2008).

### **4.2. Precipitações Pluviométricas**

O Brasil possui grande variabilidade de precipitações pluviométricas devido ao seu vasto território.

O Estado de Santa Catarina possui um bom índice de médias anuais de precipitação, variando de 1.200 a 2.300 mm/ano, mostrando assim seu grande potencial para o aproveitamento de água de chuva, como mostra a Figura 1 (OLIVEIRA, 2004).

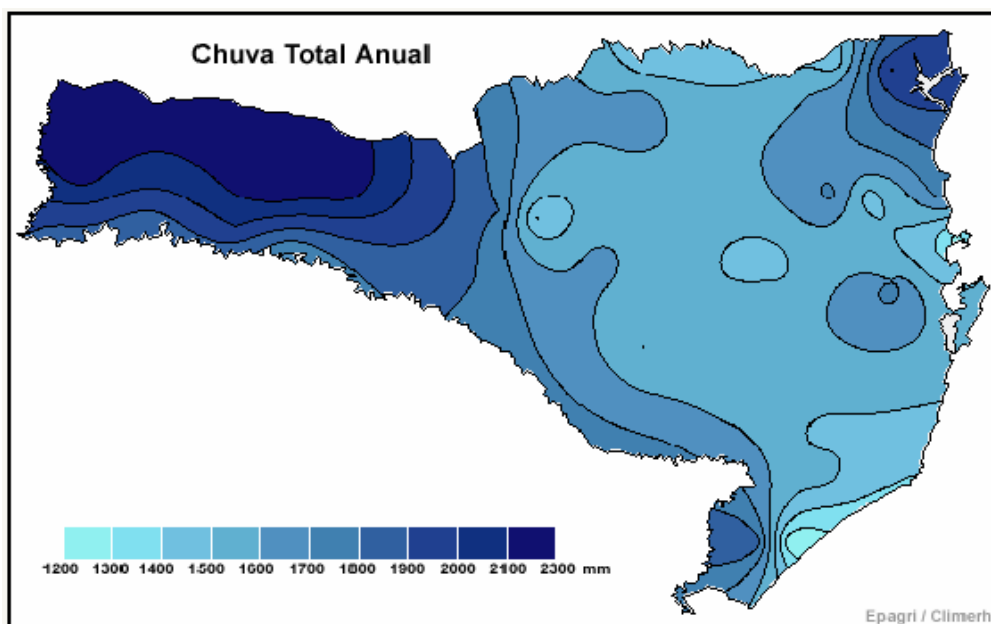


Figura 1 – Médias anuais de precipitação no Estado de Santa Catarina  
 Fonte: Oliveira (2004)

No oeste catarinense, a precipitação da região é boa, variando entre 1.600 e 2.000 mm/ano, e se apresenta bem distribuída ao longo do ano. Porém, apesar disto, há deficiência hídrica principalmente para as culturas de verão. As causas para tal deficiência são: a) o uso intensivo do solo sem respeitar sua real aptidão agrícola e o seu manejo inadequado (provocando altas taxas de erosão) e; b) predominância de solos com capacidade de armazenamento de água naturalmente baixa, aliado a paisagem com relevo declivoso (DENARDIN, 2004).

#### 4.3. Aproveitamento da Água da Chuva

O aproveitamento da água da chuva se tornou uma prática difundida em várias regiões do planeta, sendo que em algumas destas, a água da chuva é praticamente a única forma de se ter acesso à água. Em outras, essa prática é usada como forma de preservar os mananciais superficiais e as águas subterrâneas (KOBAYAMA et al., 2005).

A captação de água da chuva, além de contribuir para o uso racional da água minimiza o impacto das precipitações pluviais, podendo assim, em regiões de maior impermeabilização dos solos, ser enquadrada no conceito de medida não-estrutural da drenagem urbana. Canholi (1995), citado por Fernandes et al. (2007), descreve medidas não-estruturais como toda e qualquer ação que busca reduzir os danos ou conseqüências das inundações, não por intervenções constituídas por obras, mas fundamentalmente pela introdução de normas, regulamentos e programas que visem, por exemplo, o disciplinamento do uso e ocupação do solo, a implementação dos sistemas de apoio à

conscientização da população à manutenção dos diversos componentes do sistema de drenagem e outros.

O aumento do interesse por este tipo de sistema é principalmente devido aos seguintes fatores:

- crescente custo ambiental e econômico de fornecimento de água tratada em sistemas centralizados ou por ponteiros;
- poluição das águas superficiais, tornando seu tratamento mais oneroso e trazendo risco à saúde;
- a percepção de que existe uma eficiência econômica associada ao uso da água de chuva.

No seu pronunciamento de abertura na 9ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva, realizado em Petrolina – PE, em julho de 1999, Adhityan Appan, o então presidente da Associação Internacional de Sistemas de Captação de Água de Chuva - IRCSA, disse:

*“As tecnologias de sistemas de captação de água de chuva são tão antigas quanto às montanhas. O senso comum diz – como em todos os projetos de abastecimento de água – armazene a água (em tanques / reservatórios) durante a estação chuvosa para que ela possa ser usada quando mais se precisa dela, que é durante o verão. Em outras palavras: ‘Guarde-a para o dia da seca!’ As tecnologias, os métodos de construção, uso e manutenção estão todos disponíveis. Além disso, o mais importante é que ainda existem muitos modelos financeiros que vêm ao encontro das necessidades de países desenvolvidos e em desenvolvimento. O que mais precisamos é de uma aceitação geral dessas tecnologias e vontade política de pôr em prática estes sistemas” (GNADLINGER, 2006).*

#### **4.3.1. Histórico**

A utilização de sistemas para a captação de água de chuva é uma prática bem antiga, havendo evidências desta prática há pelos 2000 A.C.. Pode-se citar como exemplo as vilas Romanas, cujas cidades eram desenhadas de modo a utilizar as águas de chuva como sua principal fonte de água para beber e para usos domésticos, desde antes de 2000 A.C. (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002 apud OLIVEIRA, 2004).

No Japão, o uso da água da chuva e a infiltração têm sido estimulados pela população como forma de se prevenir as enchentes urbanas e restaurar as fontes de água. Na cidade de Sumida, cisternas subterrâneas foram construídas em pontos estratégicos das ruas, para coleta da água da chuva. Esta água é usada pela comunidade para regar as plantas e outros usos similares, para combate ao incêndio e até mesmo para consumo (HANSEN, 1996 apud KOBAYAMA et al., 2005).

Nos jogos olímpicos de 2000 em Sidney, Austrália, a alimentação dos vasos sanitários dos banheiros no alojamento dos atletas foi feita com água de chuva, assim como os 1500 banheiros de Estádio Olímpico Austrália (BELLALCAHAL, 2002 apud KOBAYAMA et al., 2005).

No sul do Brasil também é possível encontrar exemplos de aproveitamento de água das chuvas. Em Santa Catarina tem-se o primeiro uso comprovado da chuva no século XVIII, por ocasião da construção das Fortalezas de Florianópolis. Na Fortaleza de Ratoões, que está situada na pequena ilha de Ratoões, sem fonte de água, foi construída uma cisterna que coletava a água dos telhados, e que era usada para fins diversos, inclusive para o consumo das tropas (PIAZZA, 1983 apud OLIVEIRA, 2004).

#### **4.3.2. Legislação e Normas para Aproveitamento de Água de Chuva**

Os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis são fornecidos pela ABNT 15527:2007. Esta Norma se aplica a usos não potáveis em que as águas de chuva podem ser utilizadas após tratamento adequado como, por exemplo, descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais.

Os documentos a seguir são indispensáveis à aplicação deste referido documento:

- Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde (norma de qualidade da água para consumo humano);
- ABNT NBR 5626:1998, Instalação predial de água fria;
- ABNT NBR 10844:1989, Instalações prediais de águas pluviais;
- ABNT NBR 12213:1992, Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público;
- ABNT NBR 12217:1994, Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público.

Antes da publicação da ABNT 15527:2007 já existia, em algumas cidades brasileiras, legislação pertinente à captação da água da chuva. Em Curitiba - PR, o Artigo 7 da Lei nº 10.785/2003 determina que *“A água da chuva será captada na cobertura das edificações e encaminhada a uma cisterna ou tanque para utilização em atividades que não necessitem o uso de água tratada proveniente da rede pública de abastecimento tais como: a) rega de jardins e hortas, b) lavagem de roupas, c) lavagem de veículos, d) lavagem de vidros, pisos, etc.”*. O Artigo nº 10 da referida lei estabelece que: *“O não cumprimento das disposições da presente lei implica na negativa de concessão do alvará de construção para novas edificações”* (SANTOS, 2006).

Em São Paulo - SP, a lei nº 13.276 de 2002 obriga a construção de reservatórios para as águas coletadas em pisos ou coberturas nos lotes que tenham área impermeabilizada superiores a 500 m<sup>2</sup>. Estas águas devem ser preferencialmente infiltradas no solo ou utilizada para fins não potáveis, sendo que uma hora após a chuva a água poderá ser direcionada para a rede pluvial (SANTOS, 2006).

Com relação ao aspecto econômico da utilização de águas pluviais, existe o Decreto nº 24.643/34 (Código das Águas), cujo Artigo 103, do Título V, determina que *“As águas pluviais pertencem ao dono do prédio onde caírem diretamente, podendo o mesmo dispor delas a vontade, ...”*. Nesse mesmo Título, no Artigo 104, determina que *“Transpondo o limite do prédio em que caírem, abandonadas pelo proprietário do mesmo, as águas pluviais, no que lhes for aplicável, ficam sujeitas às regras ditadas para as águas*

*comuns e para as águas públicas*”. Também se destaca, no Artigo 106, que “*é imprescritível o direito de uso das águas pluviais*”. Para finalizar, em parágrafo único, é colocada em evidência a necessidade de licença da administração para a construção de reservatórios para aproveitamento de água de chuva.

Em Santa Catarina, o Decreto nº 099, de 1º de março de 2007, obriga todas as obras públicas ou privadas, financiadas ou incentivadas pelo Governo do Estado de Santa Catarina, a implantar sistema de captação ou retenção de águas pluviais. O Artigo 1º deste Decreto estabelece que “*Todas as construções novas e reformas de prédios públicos deverão prever sistema para captação de águas pluviais, coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos*”.

#### **4.3.3. Qualidade das Águas Pluviais**

A qualidade da água de chuva pode ser encarada em quatro etapas:

- Antes de atingir o solo;
- Após escorrer pela área de captação;
- Dentro do reservatório;
- No ponto de uso.

##### *Qualidade da água de chuva antes de atingir o solo*

De acordo com Figueiredo (2001), citado por Jaques (2005), a água de chuva é naturalmente ácida. O gás carbônico presente na atmosfera se solubiliza nas nuvens e na chuva transformando-se em o ácido carbônico. O ácido fraco  $\text{H}_2\text{CO}_3$  confere à chuva um pH de 5,60, indicando que a chuva já é levemente ácida.

De modo geral, as principais espécies químicas encontradas na chuva, em suas formas iônicas, são: sódio ( $\text{Na}^+$ ), cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ), cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), sendo que os seis primeiros têm como principal origem a água do mar (DE MELLO, 1987 apud JAQUES, 2005).

O  $\text{CO}_2$  (dióxido de carbono),  $\text{SO}_2$  (dióxido de enxofre),  $\text{HNO}_3$  (ácido nítrico) e  $\text{NH}_3$  (amônia) estão presentes na atmosfera sob a forma de gás, e são os principais controladores do pH da chuva. Se os ácidos nítrico e sulfúrico acarretam o aumento da acidez na chuva ao liberarem íons hidrogênio, a amônia contribui de forma contrária. Isto porque, para cada molécula de amônia que se hidrolisa na formação dos íons amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) um íon hidrogênio é consumido (DE MELLO, 1987 apud JAQUES, 2005). O pH da água de chuva é expresso essencialmente por duas equações de equilíbrio:



Em condições normais, a reação (1) predomina e fixa o pH em 5,65, sendo, portanto consideradas ácidas todas as chuvas com pH inferior a este valor (HAAG, 1985 apud JAQUES, 2005). A ocorrência deste fenômeno indica que a chuva se encontra poluída com ácidos fortes, como o gás sulfídrico ( $H_2SO_4$ ) e o ácido nítrico ( $HNO_3$ ) e eventualmente com outros tipos de ácidos como o (HCl) e os ácidos orgânicos (JAQUES, 2005).

Estudos realizados por De Melo Lisboa et al. (1992) mostram alguns dados sobre a qualidade da água da chuva em Florianópolis -SC. Os autores analisaram 23 amostras no período de maio de 1991 a janeiro de 1992. Das 23 amostras, 56,52% apresentaram pH normais e 43,48% foram enquadradas como chuvas ácidas.

Segundo o químico e climatologista inglês Robert Angus Smith (HAAG, 1985 apud JAQUES, 2005), a química da precipitação pluvial sofre influência da:

- distância ao oceano;
- velocidade e direção dos ventos;
- quantidade e frequência de chuva e neve;
- combustão e emissão de origem industrial;
- decomposição da matéria orgânica.

#### *Qualidade da água de chuva após escorrer pela área de captação*

Segundo estudos de Anecchini (2005), citado por Fernandes et al. (2007), a água da chuva sofre perda de qualidade ao passar pela área de captação, pois acumula sujeira, como fezes de animais e/ou folhas de árvore, durante o período de estiagem. Ainda em seus estudos, Anecchini (2005) verificou que quanto maior o volume de água da chuva descartada, melhor a qualidade da água que será direcionada ao reservatório.

Visto isso, faz-se necessária a utilização de um dispositivo de desvio da água do primeiro escoamento ou das primeiras chuvas, também conhecido por auto-limpeza de água da chuva, um procedimento simples para remoção dos primeiros milímetros de precipitação (TOMAZ, 2003).

#### *Qualidade da água da chuva armazenada no reservatório*

Muitos fatores interferem na qualidade da água da chuva, sendo o tempo de armazenamento o mais relevante dentre eles. Já que não chove todos os dias, é necessário armazenar água para os dias secos. Quando o volume a ser reservado é muito grande, é possível que haja uma deterioração da água, principalmente por ação microbológica (THIESEN, 2004).

As águas de chuva armazenadas também podem sofrer contaminação devido à falta de conservação e manejo inadequado dos reservatórios, como tampas inadequadas, rachaduras e até mesmo sua construção próxima a fossas. Isso implica na penetração de diversos microorganismos, não somente do grupo coliformes totais e fecais, mas como também a *Giardia*, dentre outros, causando riscos significativos à saúde pública (AMORIM&PORTO, 2003 apud THIESEN, 2004). Para evitar este tipo de problema, algumas recomendações são colocadas a seguir (BELLA CALHA, 2008):



- o local apropriado para coleta é o telhado, áreas onde não haja circulação de animais, nem resíduos que possam interferir na sua qualidade;
- a água coletada deve passar por um filtro antes de entrar na cisterna;
- a limpeza completa da cisterna deve ser feita no mínimo uma vez por ano, sendo que esta deve ser mantida fechada;
- a tubulação usada para o sistema de captação de água de chuva deve ser independente da tubulação do sistema de abastecimento da rede pública.

#### *Qualidade da água da chuva no ponto de uso*

A qualidade da água da chuva requerida varia conforme sua finalidade (Tabela 1). Quanto mais nobre for o uso, melhor terá de ser sua qualidade. Além disso, a qualidade da água da chuva depende também do local onde foi coletada, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 1 - Tratamento necessário para os diferentes usos da água da chuva

<b>Uso da Água de Chuva</b>	<b>Tratamento da Água</b>
Rega das plantas	Não é necessário.
Irrigação, combate ao fogo Para refrescar o ar	É necessário para se manter os equipamentos em boas condições.
Lagoas/Fontes Banheiro, Lavar roupas Lavar carros	É necessário, pois a água entra em contato com o corpo humano.
Banho/Piscina Para beber Para cozinhar	A desinfecção é necessária, pois a água é ingerida direta ou indiretamente.

*Fonte: Group Raindrops, 2002.*

Tabela 2 - Variação da qualidade da água da chuva em função da região de coleta

<b>Grau de Limpeza</b>	<b>Região de Coleta</b>	<b>Usos</b>
A	Telhados (lugares não freqüentados por pessoas e animais)	Descarga de vasos sanitários, regar as plantas, a água filtrada é potável.
B	Telhados (lugares freqüentados por pessoas e animais)	Descarga de vasos sanitários, regar as plantas, não pode ser usada para beber.
C	Pisos, estacionamentos	(necessita tratamento)
D	Estradas, vias férreas elevadas	(necessita tratamento)

*Fonte: Group Raindrops, 2002.*

De modo geral, as exigências no ponto de uso são as seguintes: odor e cor não podem ser desagradáveis; o pH deve estar entre 5,8 a 8,6; o cloro residual  $\leq 0,5$  mg/L; coliformes totais  $\leq 1000/100\text{mL}$ ; sólidos em suspensão (SS)  $\leq 30$  mg/L. O limite de coliformes totais estabelecido corresponde a águas de banhos públicos em piscinas (TOMAZ, 2003).

#### ***4.3.4. Componentes de um Sistema de Aproveitamento da Água da Chuva***

Os principais critérios a serem observados para captação e armazenagem de água da chuva são a demanda diária de água na propriedade, o índice médio de precipitação (chuva) por região em cada período do ano, tempo necessário para armazenagem, considerando um período mínimo de segurança e área de telhado necessária ou disponível para captação. O índice de precipitação poderá ser obtido em órgãos oficiais como Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Embrapa, Universidades, Prefeituras, etc (EMBRAPA, 2008).

Os sistemas de coleta e armazenamento de água da chuva dependem, principalmente das seguintes variáveis (OLIVEIRA, 2004):

- Área de captação;
- Consumo de água;
- Reservatório.

Além das variáveis citadas, existem também alguns componentes e dispositivos importantes que devem compor um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva, os quais estão listados a seguir (BELLA CALHA, 2008):

- Dispositivo de desvio das águas das primeiras chuvas;
- Dispositivo de descarte de materiais sólidos;
- Calhas e condutores;
- Freio d'água;
- Conjunto flutuante de sucção;
- Sifão extravasor (ou ladrão).

Segundo Fernandes et al. (2007), a quantidade de água coletada pelo sistema depende do tamanho da área de captação (telhados, laje de edificação, calçada, dentre outros), da precipitação pluvial do local e do Coeficiente de Escoamento Superficial.

#### **Área de Captação**

Segundo a Norma NBR 15527:2007, a área de captação é a área, em metros quadrados, projetada na horizontal da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada.

As áreas de captação de água de chuva podem ser as mais variáveis possíveis como (OLIVEIRA, 2004):

- Telhados (prédios, casas, estádios, etc.).
- Solo (encostas), Áreas verdes (praças, jardins, etc.).
- Quadras esportivas, toldos em barcos.
- Ruas, Estradas, Calçadas, Estacionamentos.

As áreas de captação mais utilizadas são os telhados, devido ao baixo trânsito de pessoas e animais, e também devido à facilidade de captação e armazenamento, já que na maioria dos casos a água chega ao reservatório ou cisterna por gravidade (OLIVEIRA, 2004).

Os materiais das áreas de captação não devem apresentar toxicidade e substâncias que prejudiquem a qualidade da água. Por exemplo, deve-se evitar telhados de amiantos; pintura ou cobertura nas superfícies de captação também devem ser evitadas, se possível. Se o uso destes for inevitável, só pintura e coberturas não tóxicas devem ser usadas, evitando-se o chumbo, o cromo, e tintas e coberturas a base de zinco. Não são recomendados telhados com pintura metálica ou outras coberturas, pois elas podem dar gostos ou cor à água coletada (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002 apud OLIVEIRA, 2004).

### Consumo de Água

É importante se ter conhecimento da maneira com que a água é consumida em uma residência, em indústrias, em vários tipos de comércios, etc. Existe uma maneira de estimar o consumo de água potável residencial usando parâmetros de engenharia. Porém, a grande dificuldade de se aplicá-los é o enorme volume de informações necessárias e nem sempre disponíveis (TOMAZ, 2003).

Em 1986, Brown e Cadwell, dos Estados Unidos, fizeram a seguinte estimativa de consumo, conforme Tabela 3 (DZIEGIELEWSKI, 1993 apud TOMAZ, 2000).

Tabela 3 – Consumo residencial

Consumo Interno em uma residência	Porcentagem de consumo em uma residência (%)
Bacia Sanitária	35
Lavagem de Roupa	22
Chuveiros	18
Torneiras	13
Banhos	10
Lavagem de pratos	2
Total	100

Fonte: Tomaz (2000).

Conforme Tabela 4, o consumo doméstico médio na Dinamarca é de 200 litros/dia/habitante. Se gasta 20% do consumo interno e externo de uma residência nos vasos sanitários (TOMAZ, 2000).

Tabela 4 – Distribuição do consumo de água por habitante na Dinamarca

Desagregação do consumo	Consumo em litros/dia/habitante	Porcentagem
Alimentação	10	5
Banhos	40	20
Higiene pessoal	20	10
Descarga na bacia sanitária	40	20
Lavagem de Roupa	30	15
Lavagem de pratos	40	20
Lavagem de carros, jardins, lixo, etc	20	10
Total	200	100

Fonte: Tomaz, 2000.

#### Consumo de Água em Escolas

Na Tabela 5, estão apresentados os consumos médios de água de cinco escolas e universidades, verificados por meio de uma pesquisa elaborada em Denver, em 1991, e apresentada pela AWWA, em 1995 (TOMAZ, 2000).

Tabela 5 – Uso da água em cinco escolas e universidades em Denver, Colorado

Uso da água	Uso da água em porcentagem (%)
Consumo doméstico	47,8
Água para rega de jardins	29,5
Água para resfriamento e aquecimento	5,4
Água para resfriamento sem reaproveitamento	5,2
Água para cozinhas	3,9
Perdas de água	3,8
Água para lavanderias	2,9
Outros usos da água	0,8
Vazamentos de água	0,7
Uso total da água	100,0

Fonte: Tomaz (2000).

No Brasil, foi realizado por Ywashima et al. (2006), um estudo do consumo de água em escolas da rede pública de ensino da cidade de Campinas/SP. O objetivo era identificar a forma de realização dos diferentes usos da água, bem como, a indicação dos ambientes responsáveis pelas maiores parcelas do consumo e a proposição de uma metodologia para a avaliação da percepção dos usuários para o uso racional de água. Foram observados três tipos de escolas: Centro Municipal de Educação Infantil – CEMEI (atende crianças até 4 anos); Escola Municipal de Educação Infantil – EMEI (atende crianças de 5 e 6 anos); e Escola Municipal e Estadual de Ensino Fundamental (EMEF). Nestas escolas foi verificada a condição de operação (existência de vazamentos) dos diferentes pontos de consumo de água, foram aplicados questionários aos usuários e realizada a observação das atividades que envolvem o uso da água. Observou-se então o modo de realização das atividades, a duração das mesmas (medição dos horários de início

e término), as vazões nos pontos de consumo empregadas para a realização das atividades, além de outras variáveis, de modo a estabelecer um dia típico de consumo (YWASHIMA et al., 2006). A Tabela 6 apresenta os tipos de consumo de água em cada ambiente da EMEF.

Tabela 6 - Distribuição do consumo diário na escola da tipologia EMEF

Ambiente	Consumo Diário (L)	Parcela do Consumo (%)
Banheiro – alunos	5.424	51,8
Banheiro – alunas	2.410	23,0
Banheiro - funcionários	117	1,1
Banheiro – professoras e funcionárias	658	6,3
Cozinha	1.385	13,2
Área externa	476	4,5
Refeitório	0	0,0
Total	10.470	100

Fonte: Ywashima et al (2005)

Verificou-se que, os banheiros são responsáveis pelas maiores parcelas de consumo de água nas escolas; o segundo maior consumidor de água é a cozinha; a área externa é responsável pelas menores parcelas do consumo.

Os usos finais de água obtidos no estudo realizado por Ywashima et al. (2006), para cada uma das três tipologias de escolas observadas, encontram-se na Tabela 7. Apresenta-se também na mesma tabela, o total de água consumida para fins não potáveis, considerando apenas o consumo de água em descargas de vasos sanitários e mictórios.

Tabela 7 - Usos finais de água em três tipologias diferentes de escolas

Usos finais	CEMEI		EMEI		EMEF	
	(L/dia)	(%)	(L/dia)	(%)	(L/dia)	(%)
Lavatório	195	4,35	211	6,12	-	-
Lavatório calha	-	-	114	3,30	865	6,53
Bebedouro elétrico	4	0,09	7	0,20	-	-
Filtro	-	-	27	0,78	-	-
Chuveiro	798	17,78	36	1,04	-	-
Pia	1.739	38,76	682	19,77	1.302	9,84
Tanque	117	2,61	11	0,32	124	0,94
Vaso sanitário c/ válvula*	1.243	27,70	2.306	66,84	6.156	46,50
Mictório tipo calha*	-	-	-	-	4.752	35,90
Máquina de lavar roupa	234	5,22	-	-	-	-
Torneira de lavagem	139	3,10	56	1,62	39	0,29
Torneira de hidrômetro	18	0,4	-	-	-	-
Total	<b>4.487,0</b>	<b>100,0</b>	<b>3.450,0</b>	<b>100,0</b>	<b>13.238,0</b>	<b>100,0</b>
Total não potável*	<b>1.243,00</b>	<b>27,70</b>	<b>2.306,00</b>	<b>66,84</b>	<b>6.156,00</b>	<b>82,40</b>

Fonte: Ywashima et al (2005)

Observa-se na Tabela 7 que o total de água consumida em descargas de vasos sanitários e mictórios (usos não-potáveis) em escolas é bastante significativo, chegando a um percentual de até 82% para a Escola Municipal e Estadual de Ensino Fundamental.

### **Reservatórios Armazenadores de Água de Chuva**

Os modelos de reservatórios para armazenamento de água da chuva podem ter formas retangulares, quadradas, cilíndricas, ou cônicas. Os materiais usados para a sua construção podem ser de geomembrana de PVC (Figura 2) ou de PEAD, fibra de vidro (Figura 3), alvenaria, ferrocimento (Figura 4), concreto armado, dentre outros. Aqueles feitos em fibra de vidro e alvenaria são mais empregados para pequenos volumes (até 30m<sup>3</sup>), enquanto PVC, PEAD e concreto armado são mais recomendados para armazenar grandes volumes (EMBRAPA, 2005).

Os tipos de reservatórios variam em função do uso, do propósito da instalação, estilo das construções, capacidade de armazenamento e local da instalação (GROUP RAINDROPS, 2002).

Em uma pesquisa de mestrado realizada em 2007, por Sonia Schweitzer, foi construído um reservatório com placas de ardósia, com capacidade de armazenamento de 10 m<sup>3</sup>. Constatou-se que este material é excelente para tal finalidade, visto que a ardósia é uma rocha inerte, ou seja, em contato com a água não libera agentes danosos à saúde ou ao meio ambiente. Além disso, é praticamente impermeável, possuindo um coeficiente de absorção muito baixo. A Figura 5 apresenta o reservatório em fase de construção.

Segundo Oliveira (1976), citado por Oliveira (2004), de acordo com sua disposição no terreno os reservatórios podem ser:

- Apoiados: aqueles cujo fundo está em contato com o terreno;
- Enterrados ou cisternas: aqueles que estão enterradas no terreno;
- Semi-enterrados: aqueles cujo fundo e parte das laterais estão em contato com o terreno;
- Elevados: construídos sobre colunas quando há necessidade de aumentar a pressão em consequência de condições topográficas; podem ser as torres ou “castelos d água” e os “stand-pipes”.



Figura 2 – Cisternas em PVC  
*Fonte: Embrapa (2008)*



Figura 3 – Cisterna em fibra de vidro  
*Fonte: Embrapa (2008)*



Figura 4 - Cisterna de ferrocimento

Fonte: Arquivo do Projeto Ferrocimento (UFC) (2005)



Figura 5 - Cisterna de ardósia em fase de construção

Fonte: Embrapa (2008)

### Dispositivos de Desvio das Águas das Primeiras Chuvas

No momento da queda, a água da chuva carrega consigo muitas partículas em suspensão no ar. Nas áreas urbanas, compostos como dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio são alguns dos contaminantes atmosféricos que podem alterar a qualidade das águas de chuva. Além disso, a poeira e fuligem se acumulam nos telhados utilizados como área de captação. A contaminação mais forte ocorre nos primeiros milímetros de precipitação após um longo período sem chuvas, portanto, a água da chuva coletada deve ser utilizada após a precipitação superar 1 mm (GROUP RAINDROPS, 2002).

Dentre várias formas de descarte das primeiras precipitações o dispositivo com torneira de bóia e o sistema de bola flutuante, se destacam. Ambos seguem o mesmo princípio: com o início da chuva o reservatório de descarte, que se encontra vazio, recebe a água transportada pelas calhas e tubulações verticais até que atinja seu limite e a passagem de água para seu interior é vedada através do fechamento automático da torneira de bóia. No caso do sistema de bola flutuante, a entrada da água é vedada por uma bola flutuante. A partir desse momento a água passa a escoar para o reservatório armazenador de água de chuva, e ao término da chuva, a água retida no dispositivo é descartada em uma caixa de brita no solo.

### Dispositivos para Descarte de Materiais Sólidos

A filtragem da água da chuva é um processo necessário para a retirada dos materiais sólidos em suspensão arrastados pela água ao passar pelas coberturas das edificações. O filtro pode ser de construção caseira em alvenaria, PVC ou fibra de vidro, composto de material inerte de granulometria diferente, desde o mais fino até o mais grosso (EMBRAPA, 2008).

No mercado existem filtros comerciais com capacidade de vazão entre 200 e 3000 m<sup>2</sup> de telhado, com eficiência entre 90 a 95%. A sujeira separada pelo filtro é dirigida por uma saída secundária, possibilitando a sua autolimpeza. A filtragem em dois

estágios permite reduzir a manutenção dos filtros a duas vezes ao ano. Normalmente, estes filtros são construídos em aço inox com tela fina e autolimpante (EMBRAPA, 2008).

Segundo Eco Água (2008), os filtros comerciais estão divididos em 5 categorias, as quais são:

- 3P Hidrosystem;
- Filtros com alargo telescópico;
- Filtros de descarga;
- Filtros de Sistema Bleu line;
- Filtros Industriais.

Vários fatores podem exercer influência na escolha do filtro, dentre os quais, a área de captação, a capacidade e dimensões do filtro, manutenção, custo, etc.

Para residências com telhados de até 200m<sup>2</sup>, pode-se usar o dispositivo de descarte de sólidos VF1, como mostra a Figura 6. Este dispositivo é constituído por uma série de cascatas, por onde a sujeira mais grossa (folhas, etc.) desce e vai direto para a galeria pluvial. Indicado para sistemas residenciais (BELLA CALHA, 2008).

Para tubos de descarga, existe o dispositivo de descarte de sólidos 3P Rainus, ideal para modificar instalações existentes para o aproveitamento da água pluvial, assim como para instalações de infiltração. Este dispositivo separa a sujeira pela abertura frontal, encaminhando a água filtrada para a saída inferior. Indicado para telhados com uma superfície máxima de 70 m<sup>2</sup> (ECO ÁGUA, 2008).

Para indústrias com telhados de até 1500m<sup>2</sup>, pode-se usar o dispositivo FV 6, como mostra a Figura 7. Este dispositivo, além das cascatas, também contém uma tela abaixo destas, que conduz para a canalização a sujeira fina por ela retida, ou seja, ela é auto-limpante. Com isso se obtém intervalos grandes de manutenção (BELLA CALHA, 2008).



Figura 6 – Dispositivo VF1  
Fonte: Embrapa (2008)

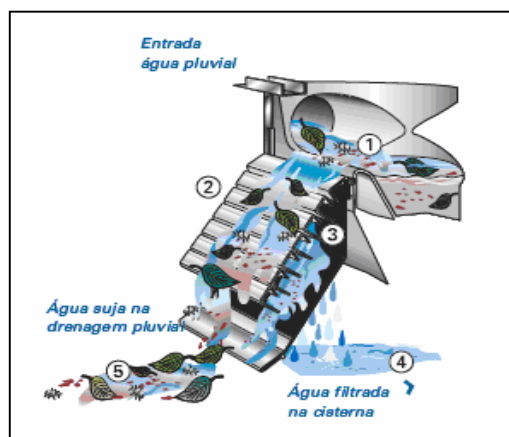


Figura 7 – Dispositivo FV6  
Fonte: 3P Technik Filtersysteme GmbH (2008)



## Calhas e Condutores

Para captação de água de chuva são necessárias calhas e condutores de águas pluviais, que podem ser de PVC ou metálicos (TOMAZ, 2003).

Segundo Ghizi & Gugel (2005), as calhas apresentam geralmente as seções em forma de V, U, semicircular, quadrada ou retangular. Com relação aos tipos de calhas, estas podem ser de beiral, em platibanda ou podem se encontrar no encontro das águas do telhado (água furtada), como mostra a Figura 8.

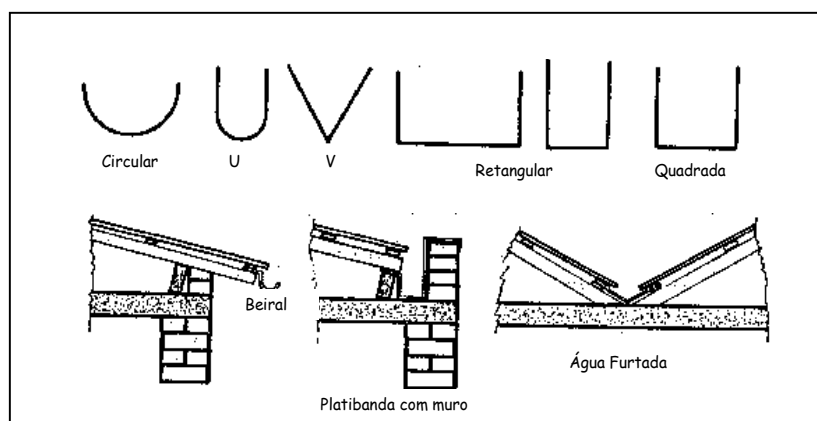


Figura 8 – Seções e tipos de calhas

Fonte: Unesp (2008)

No caso da área de captação ser um telhado ou cobertura, as calhas e tubos de queda devem ser dimensionados conforme as normas de instalação de águas pluviais. No Brasil essa norma é a NBR 10844:1989 da ABNT (GONÇALVES, 2004).

Segundo a Norma NBR 10844:1989, os condutores verticais deverão ser instalados, sempre que possível, em uma só prumada. Quando houver necessidade de desvios devem ser utilizadas curvas de 90° de raio longo ou curvas de 45°, sempre com peças de inspeção. Dependendo do tipo de edifício e material dos condutores, os mesmos poderão ser instalados interna ou externamente ao edifício.

Com relação aos condutores horizontais, a Norma NBR 10844:1989 diz que estes devem ser projetados com uma declividade mínima de 0,5% e uniforme, sempre que possível.

## Freio d'Água

Esse dispositivo tem como finalidade de dissipar a energia da água, impedindo que a sedimentação no fundo da cisterna seja remexida. Além disso, faz com que a água entre pelo fundo da cisterna (BELLA CALHA, 2008).

## **Bóia para Sucção de Água**

Com este dispositivo faz-se com que a água seja retirada do reservatório de acumulação sempre próximo a superfície e, portanto, com menor teor de sólidos e maior concentração de oxigênio dissolvido do que se a retirada de água do reservatório fosse feito por baixo. Este dispositivo é constituído por uma bóia de plástico amarrada a uma válvula de retenção e uma peneira, conectados a uma das extremidades de uma mangueira, enquanto a outra extremidade geralmente é ligada a uma motobomba.

## **Sifão Ladrão**

Este dispositivo retira as impurezas da superfície da água, bloqueia cheiros da galeria pluvial e impede a entrada de animais na cisterna (BELLA CALHA, 2008).

### ***4.3.5. Estudos Econômicos Realizados***

Um dos fatores mais importantes a serem considerados no desenvolvimento de sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva é a viabilidade econômica, principalmente em países em desenvolvimento, nos quais os recursos financeiros são escassos (THIESEN, 2004). A seguir estão apresentados os resultados de alguns estudos sobre aproveitamento de água de chuva no Brasil.

Fernandes et al. (2007) realizaram um estudo da viabilidade econômica de instalações de sistemas de coleta e aproveitamento de água de chuva, sendo o caso estudado o sistema já em funcionamento no edifício do Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – LARHISA, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. O resultado garante que é mais viável instalar um sistema de aproveitamento de água da chuva do que continuar adquirindo a água por meio de um sistema público de distribuição de água.

No trabalho de conclusão de curso de Gonçalves (2004), no qual foi feito um estudo de viabilidade econômica com vistas à implantação de um sistema de captação, armazenamento e uso das águas pluviais no prédio de salas de aula do Centro Tecnológico – CTC, UFSC, constatou-se que em se tratando do tempo de retorno do investimento, todas as alternativas estudadas apresentaram-se bastante semelhantes, entre 9 e 13 anos e investimento de implantação entre R\$ 35.000,00 e R\$ 45.000,00. Entre as alternativas mais atrativas estão os reservatórios de 70 m<sup>3</sup> de concreto armado e ferrocimento, por representarem investimento inicial semelhante aos demais e maior disponibilidade de armazenamento de água.

No estudo de Kobiyama & Hansen (2002), citado por Thiesen (2004), o qual foi desenvolvido para a biblioteca central da Universidade Federal de Santa Catarina e na qual 75% da água é consumida nas instalações sanitárias, aproximadamente U\$ 15.000,00 seriam economizados por ano na conta de água e esgoto (já considerando 80% da tarifa de esgoto), resultando num período de retorno de 2,7 anos.

## 5. METODOLOGIA

### 5.1. Caracterização da Área de Estudo

#### 5.1.1. Município de Seara – SC

O município de Seara possui uma área de 316,65 km<sup>2</sup>, com uma população de aproximadamente 20 mil habitantes. Seara conta com uma das melhores infra-estruturas rurais do estado, trabalha no modelo de agricultura familiar pequena propriedade rural. Tem como uma das grandes potencialidades o setor do agronegócio (PREFEITURA MUNICIPAL DE SEARA, 2008).

O município de Seara foi colonizado basicamente por alemães e italianos, no começo do século XX. Em 1944, Seara passa a ser distrito de Concórdia. Dez anos depois, torna-se município (PORTAL TURÍSTICO, 2008).

Encravado num vale entre Chapecó e Concórdia, Seara é um típico município de montanha – o que é um dos maiores atrativos turísticos da cidade. Destaque para o Museu Entomológico Fritz Plaumann, na localidade de Nova Teutônia, considerado o maior da América Latina e um dos maiores do mundo. Situado a 16km do centro de Seara, o museu possui 80.000 exemplares de insetos, sendo 1.700 descobertos pelo próprio Fritz Plaumann. Os visitantes são na maioria estudantes e cientistas, vindos inclusive do Exterior (PORTAL TURÍSTICO, 2008).

A Figura 9 apresenta a localização do município de Seara no Estado de Santa Catarina, e alguns dados do município estão apresentados na Tabela 8.



Figura 9 – Localização do município de Seara no Estado de Santa Catarina

Fonte: IBGE (2008)

Tabela 8 – Dados do município de Seara – SC

Localização	Meio-oeste, no Vale do Rio do Peixe, a 514 km de Florianópolis.
Área	316,65 Km <sup>2</sup>
Latitude	27°09'12.02''S
Longitude	52°18'37.14''O
Altitude	550 m
Clima	Mesotérmico úmido, com temperatura média de 19°C.
Economia	80% da renda de Seara vêm da Ceval Agroindustrial. Destaque também para a agricultura, a pecuária, o comércio e os serviços.
População	17.000 hab.
Criação do Município	31 de dezembro de 1953.

Fonte: Portal Turístico (2008)

### 5.1.2. Escola de Educação Básica Rosina Nardi

A Escola de Educação Básico Rosina Nardi localiza-se no município de Seara – SC. Trata-se de uma escola pública municipal e estadual, possuindo uma orientadora, contratada pelo Município, e um diretor, contratado pelo Estado. Apesar desta distinção a escola trabalha em harmonia como um todo, trazendo temas importantes e interessantes para os seus alunos, além de muita alegria e diversão.

A escola conta com 400 alunos matriculados, distribuídos em dois turnos, de manhã e de tarde. O quadro de profissional corresponde a 32 professores e 04 funcionários. Oferece turmas para a Pré-Escola, de 1ª a 4ª séries, Ensino Fundamental, de 5ª a 8ª séries, e Ensino Médio, de 1ª a 3ª séries do 2º grau.

A escola é constituída por uma edificação principal, de 1.060 m<sup>2</sup>, no qual se encontram 09 salas de aula, 1 cozinha, 3 banheiros, 1 sala dos professores, 1 sala da direção, 1 secretaria, 1 biblioteca, 2 depósitos e pátio de recreação.

Em julho de 2006 foi inaugurado, pela Secretaria de Desenvolvimento Regional, o ginásio de esportes da escola, o qual possui uma área em planta de 800 m<sup>2</sup>.

Portanto, a escola é constituída por uma edificação principal, no qual se encontram as salas de aula, banheiros, cozinha e etc, e por um ginásio, localizado a uma distância de 20 m do edifício principal, sobre um morro de 6 m de altura. Há também uma pequena horta educativa ao lado do edifício principal da escola.

A Figura 10 apresenta a Escola Educação Básico Rosina Nardi (edificação principal).



Figura 10 – Escola de Educação Básica Rosina Nardi

## **5.2. O Sistema de Captação de Água de Chuva**

### **5.2.1. Descrição do Sistema**

O projeto consiste na captação e aproveitamento das águas de chuva que caem no telhado do ginásio da Escola de Educação Básica Rosina Nardi, o qual foi construído sobre um morro de 6 m de altura, a uma distância de aproximadamente 20 m da edificação principal da escola.

O telhado é constituído por duas águas iguais, telhas de aço zincado, e possui uma área de 800 m<sup>2</sup>. A água de chuva que cair sobre esta área de captação será direcionada até as calhas, e posteriormente para os coletores verticais e horizontais. De lá seguem para um reservatório armazenador de água de chuva, apoiado no terreno e atrás do ginásio.

Antes da entrada no reservatório, a água deverá passar por um dispositivo de descarte de sólidos e posteriormente por um dispositivo de desvio das águas das primeiras chuvas.

A água armazenada no reservatório armazenador de água de chuva será uma parte encaminhada a um reservatório elevado, instalado sobre o telhado dos banheiros do ginásio, e outra parte destinada a um reservatório intermediário, situado bem próximo e um pouco mais abaixo da caixa d'água da escola. Esta se encontra em um morro próximo à edificação principal da escola, a 4 m de altura em relação ao piso da escola.

O reservatório elevado irá abastecer os vasos sanitários e mictório dos banheiros do ginásio. Cabe salientar que estes banheiros se localizam atrás do ginásio em uma “casinha” anexa.

A água que sair do reservatório intermediário irá abastecer os vasos sanitários e mictório da edificação principal da escola, assim como as torneiras externas - com exceção da torneira do tanque – utilizadas para a irrigação da horta educativa e limpeza das calçadas.

Será necessário o uso de uma bomba centrífuga de  $\frac{1}{4}$  CV para levar a água do reservatório armazenador de água de chuva até o reservatório elevado. Para o abastecimento da edificação principal não será preciso bombeamento, visto que o reservatório intermediário estará localizado em uma cota acima de seus pontos de uso.

Na Figura 11 observa-se a lateral do ginásio, com destaque no morro onde foi construído.

O croqui do sistema de aproveitamento da água de chuva está apresentada na Figura 12.



Figura 11 – Vista lateral do ginásio construído sobre um morro de 6 m de altura



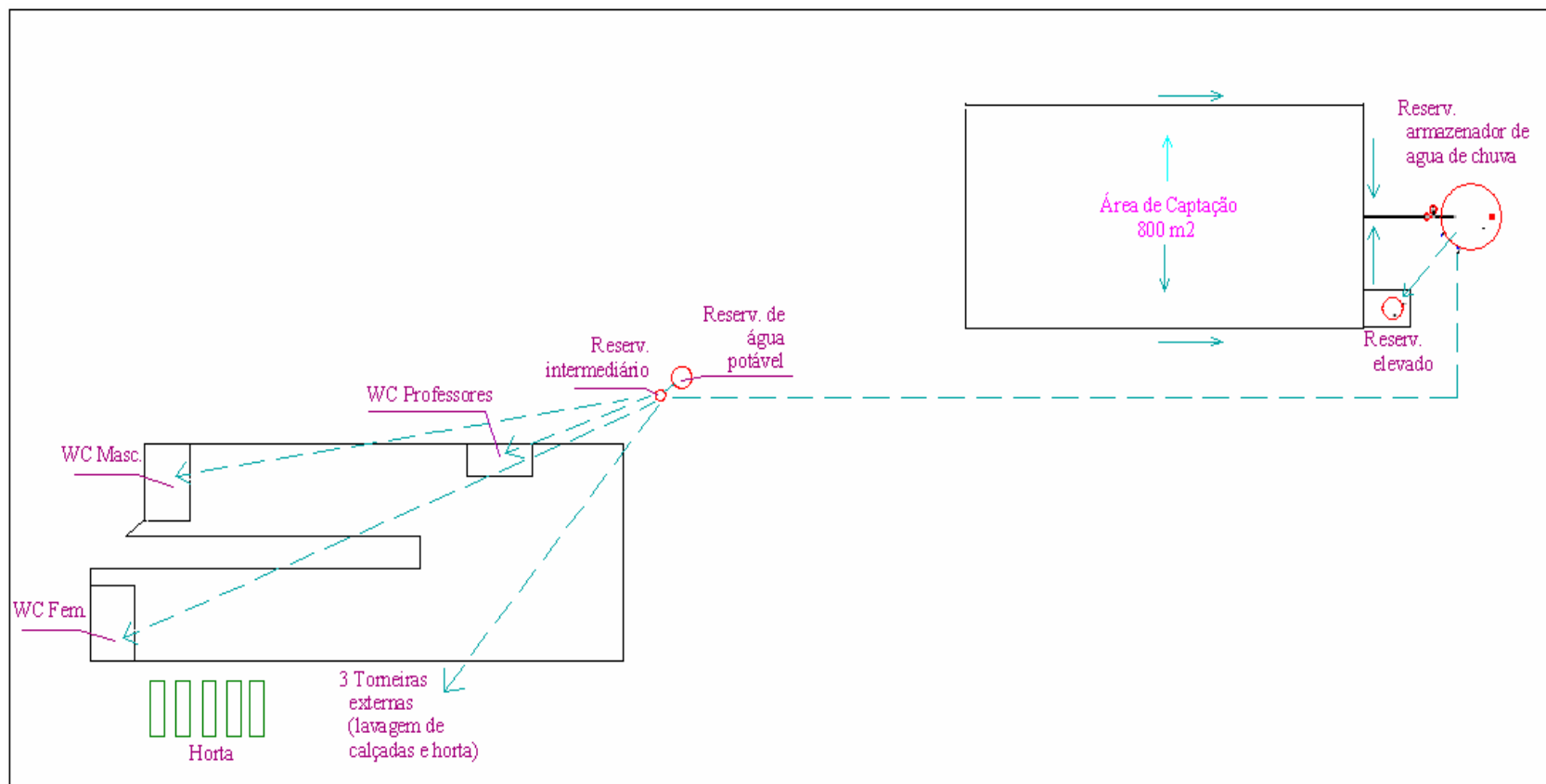


Figura 12 – Croqui do sistema de captação de água de chuva (vista em planta)

### ***5.2.2. Definição da Área de Captação***

Definiu-se que será captada e armazenada a água da chuva que cair na cobertura do ginásio da escola, constituída por duas águas iguais, telhas de aço zincado, e com área total de 800 m<sup>2</sup> (40 m x 20 m).

### ***5.2.3. Determinação dos Usos da Água***

Na escola Rosina Nardi a água é fornecida por um reservatório da CASAN - Companhia Catarinense de Águas e Saneamento, localizado em uma cota acima da escola. Portanto a água é abastecida somente por gravidade.

Os pontos de uso da água na escola estão listados a seguir:

- Cozinha: 1 pia;
- Banheiro masculino: 4 vasos sanitários, 2 pias, 1 mictório tipo calha (com vazamento constante), 2 chuveiros;
- Banheiro feminino: 3 vasos sanitários, 4 pias, 2 chuveiros, 1 máquina de lavar roupa;
- Banheiro dos professores: 1 pia, 1 vaso sanitário;
- Banheiros do ginásio: 3 vasos sanitários, 2 pias e um mictório tipo calha;
- Torneiras externas: 4 torneiras para limpeza geral, irrigação de horta e para o tanque.

A água de chuva aproveitada neste trabalho será destinada à alimentação dos vasos sanitários, mictórios, e torneiras externas para lavagem de calçadas e irrigação de uma pequena horta educativa, como mostra a Figura 13. Portanto as águas armazenadas serão usadas para fins não-potáveis.

Ressalta-se que os produtos da horta deverão ser desinfetados antes de serem ingeridos crus.



Figura 13 – Usos da água da chuva



#### 5.2.4. Disponibilidade de Água

Segundo a Norma NBR 15527:2007, o volume de captação de água de chuva depende do coeficiente de escoamento superficial da cobertura bem como da eficiência do sistema de descarte do escoamento inicial, sendo calculado pela seguinte equação:

$$V = P \times A \times C \times \eta \quad (3)$$

Onde:

$V$  = Volume de captação anual, mensal ou diário de água de chuva ( $m^3$ );

$P$  = Precipitação média anual, mensal ou diária (mm);

$A$  = Área de coleta ( $m^2$ );

$C$  = Coeficiente de escoamento superficial da cobertura (adimensional).

$\eta$  = Fator de captação, que é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial.

De acordo com a classificação de Kuichling, citada por Netto & Alvarez (1998), a qual define um valor de  $C$  entre 0,7 e 0,95 para telhados, adotou-se um coeficiente de escoamento superficial  $C$  de 0,85.

Para o Fator de Captação adotou-se o valor máximo de 0,9.

Segundo dados da EPAGRI – SC (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural em Santa Catarina) sobre a precipitação na região de Concórdia, a precipitação média anual para um período de 23 anos é de 1740 mm.

Para o cálculo do volume disponível anual, é preciso descontar do volume de captação e o volume anual de água descartado, provindo das águas das primeiras chuvas.

O volume de água desviado é obtido pela seguinte equação:

$$V_{desv.} = A \times N \times h \quad (4)$$

Onde:

$V_{desv.}$  = Volume anual de água de chuva desviado;

$A$  = Área de coleta, em metros quadrados;

$N$  = Número médio de dias com chuva em um ano;

$h$  = Altura pluviométrica de água descartada, de 1 mm.

Adotou-se o número médio de dias com chuvas do município de Itá, por ser próximo ao município de Seara, que foi de 112 dias. Este dado foi fornecido pela EPAGRI – SC.

#### 5.2.5. Consumo de Água

O levantamento do consumo diário da escola foi feito por meio das faturas de água emitidas pela CASAN, de maio de 2006 a setembro de 2008. Cabe salientar que os meses de janeiro e fevereiro (férias grandes) foram removidos para não subestimar o consumo médio diário da escola.

Para o cálculo do consumo diário, foram estabelecidos 20 dias úteis no mês (dias com aulas).

Tendo como referência o trabalho realizado por Ywashima et al. (2006), no qual a demanda de água de chuva para a descarga de vasos sanitários e mictórios numa escola de ensino fundamental foi de 82% da demanda total de água, neste trabalho a demanda de água de chuva será considerada de 60% visto que na escola EEB Rosina Nardi há máquina de lavar roupa (a qual requer água potável), o que faz diminuir consideravelmente a demanda por água não-potável. Além disso, a demanda de água para uso externo (limpeza de calçadas e horta) é muito pequena, cerca de 5% da demanda total de água em instituições de ensino.

#### **5.2.6. Componentes Necessários**

Os componentes necessários que devem compor o sistema de captação e aproveitamento de água de chuva estão listados a seguir:

- Reservatórios;
- Calhas e condutores;
- Dispositivo de descarte de materiais sólidos;
- Dispositivo de desvio das águas das primeiras chuvas;
- Rede de tubulações de distribuição de água;
- Tubos e conexões;
- Manutenção.

#### **Reservatórios de Água de Chuva**

Serão instalados três reservatórios no sistema: um reservatório armazenador de água da chuva, um reservatório elevado e outro intermediário.

##### ***Reservatório Armazenador de Água da Chuva***

O reservatório armazenador de água da chuva será o principal elemento do sistema já que será dimensionado para atender a demanda de água não-potável, para os usos definidos.

A água armazenada nele será destinada aos outros dois reservatórios.

Este contará com uma entrada para água de chuva, já previamente filtrada, um ladrão, dois conjuntos flutuantes de sucção, um freio d'água, uma saída de fundo, uma visita e um respiro. Além disso, ele terá uma bóia eletromecânica, conectada à bomba responsável pelo recalque da água até o reservatório elevado. Caso não haja água suficiente no reservatório armazenador de água de chuva, a bóia desligará a bomba para que esta não trabalhe no seco.

O reservatório estará a uma distância de 6,5 m da parede dos fundos do ginásio e será instalado sobre um leito de areia compactada e nivelada.

Serão estudados dois tipos de materiais para este reservatório: placas de ardósia e chapas de aço galvanizado. Independentemente do material escolhido, no interior do

reservatório haverá uma geomembrana de PVC em contato direto com a água armazenada. A escolha será da alternativa mais atrativa.

### 1) Reservatório de Ardósia

O reservatório de ardósia (Figura 14) seria constituído por placas de ardósia na sua parede, cada uma com 40 cm de largura, 2,2 m de comprimento e 5 cm de espessura. Para a sustentação das placas, cabos de aço seriam colocados ao redor das mesmas, sendo que no primeiro metro haveria um cabo de aço a cada 5 cm, e acima de um metro a cada 10 cm. No interior do reservatório seria colocada uma geomembrana de PVC atóxica com 0,8 mm de espessura, a qual estaria em contato direto com a água armazenada.

A cobertura do reservatório seria com telhas de chapas metálicas, com espessura da lâmina de 1,57 mm. Nesta cobertura haveria ainda um suspiro e uma porta circular para permitir a visita. Para a sustentação desta cobertura, seria introduzida uma estrutura metálica semelhante a uma treliça, fixada às bordas superiores do reservatório.

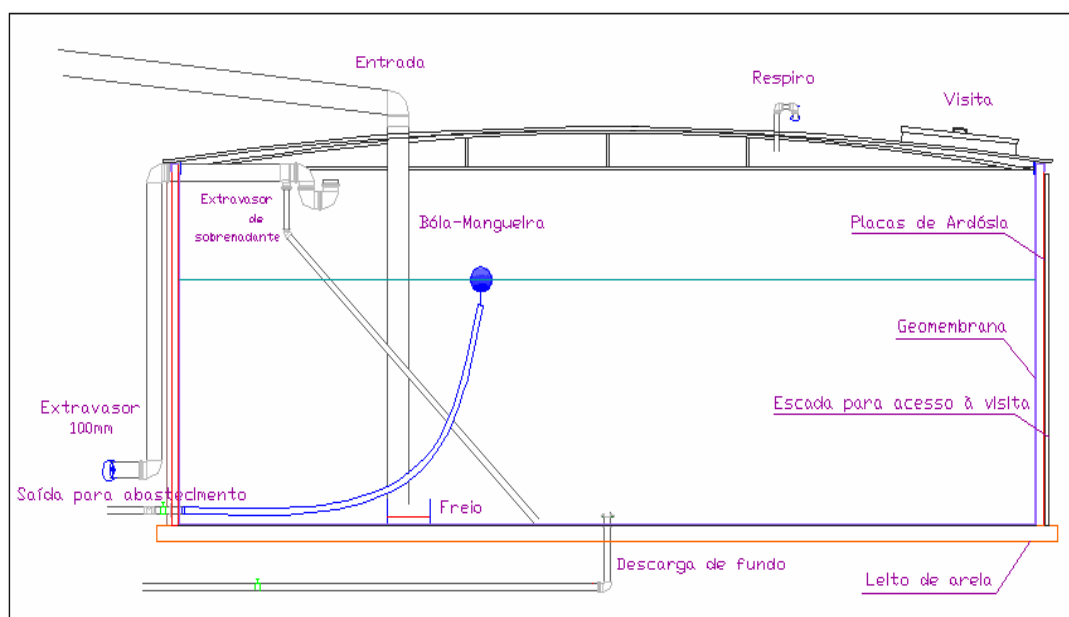


Figura 14 – Croqui do reservatório de ardósia

### 2) Reservatório de Aço Galvanizado

O reservatório de aço (Figura 15) seria constituído por chapas de aço galvanizado, calandrado e ondulado. As placas teriam 2,2 m de comprimento, 1,5 m de largura e 1,55 cm de espessura, com transpasses de 15 cm.

O reservatório seria impermeabilizado por uma geomembrana de PVC, com 0,8 mm de espessura.

A cobertura também seria constituída por placas de aço galvanizado, com estrutura de sustentação metálica, semelhante a uma treliça.

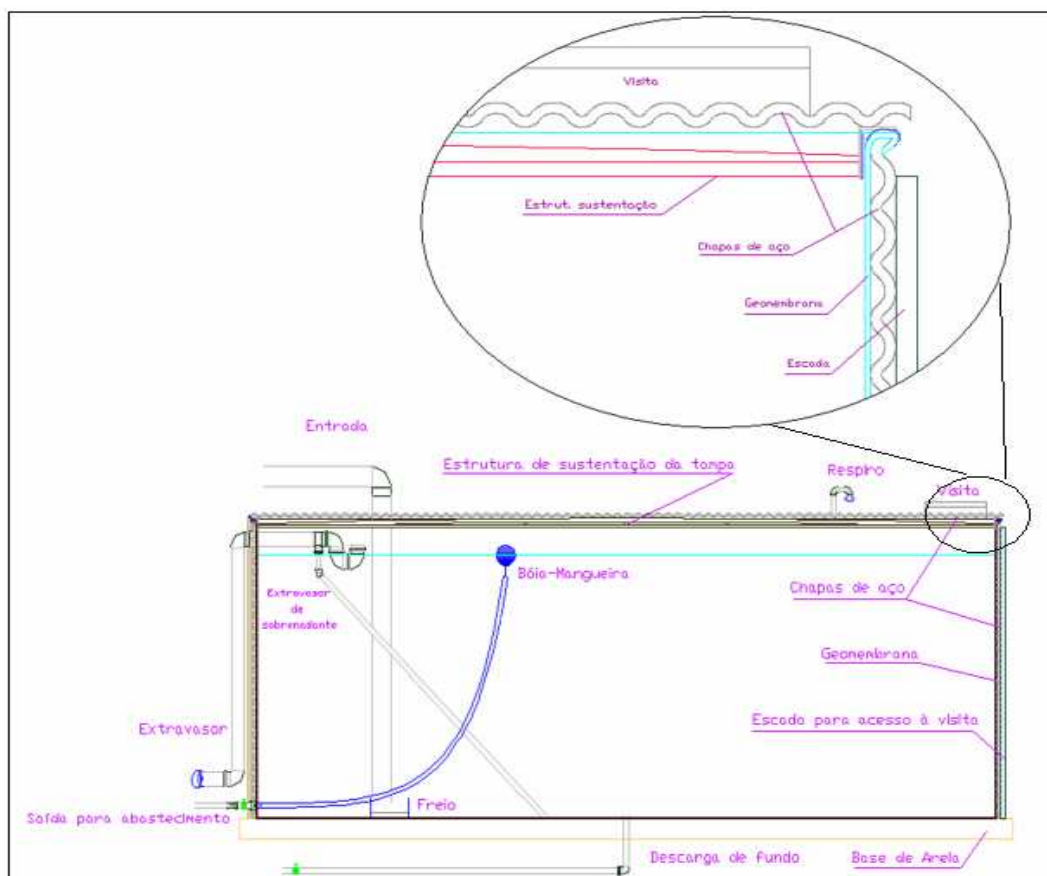


Figura 15 – Croqui do reservatório de aço

### ***Reservatório Elevado***

O reservatório elevado irá abastecer os dois banheiros do ginásio, contando com 3 vasos sanitários e um mictório tipo calha, atendendo cerca de 15% da demanda total de água de chuva. Este reservatório será de fibra de vidro e estará localizado sobre o telhado dos banheiros do ginásio, já que estes foram construídos numa “casinha” vinculada à parede traseira do ginásio, com área de piso de 4,4x3,5 m e pé direito de 3,5 m. Cabe salientar que a área deste telhado não irá fazer parte da área de captação do sistema.

O recalque da água será feito por meio de uma bomba centrífuga de série BCR-2000 ¼ CV, da marca Schneider Moto-bombas.

No interior do reservatório haverá duas bóias eletromecânicas, uma ligada à bomba, e outra a uma válvula solenóide. Aquela ligada à bomba irá interromper o funcionamento da mesma caso a água atinja o seu nível máximo. A bomba voltará a funcionar quando a água atingir o seu nível mínimo. Caso não haja água para se fazer o recalque (reservatório armazenador de água da chuva vazio), o nível da água no reservatório elevado continuará descendo até atingir o nível mínimo detectado pela outra

bóia, a qual, por sua vez, irá abrir a válvula solenóide, fazendo entrar a água potável distribuída pela CASAN.

Por motivos técnicos e operacionais, definiu-se que este reservatório terá uma capacidade de 500L.

### ***Reservatório Intermediário***

O reservatório intermediário estará localizado ao lado da caixa d'água da escola, ambos em um morrinho próximo ao edifício principal, a mais ou menos 5 m do nível do chão. Assim, os pontos de água não potável da escola serão abastecidos por gravidade.

Este reservatório irá abastecer os vasos sanitários e mictório do edifício principal da escola, assim como as torneiras externas, para a irrigação da horta educativa e limpeza das calçadas, com exceção da torneira do tanque.

Este reservatório estará conectado à caixa d'água da escola por uma tubulação com válvula solenóide. Caso a água atinja o seu nível mínimo, uma bóia eletromecânicas acionará a válvula solenóide, fazendo com que o reservatório intermediário seja abastecido pelo reservatório de água potável. Está alimentação será por via atmosférica, sem ligação cruzada. Dessa forma, sempre haverá água para suprir a demanda de água não-potável, mesmo com falta de água da chuva.

Por motivos técnicos e operacionais, definiu-se que este reservatório terá uma capacidade de 500L.

As Figuras 16 e 17 apresentam os locais de implantação dos três reservatórios, e a Figura 18 apresenta o croqui dos reservatórios interligados entre si.



Figura 16 – Localização dos reservatórios armazenadores de água pluvial



Figura 17 – Localização do reservatório intermediário de água de chuva

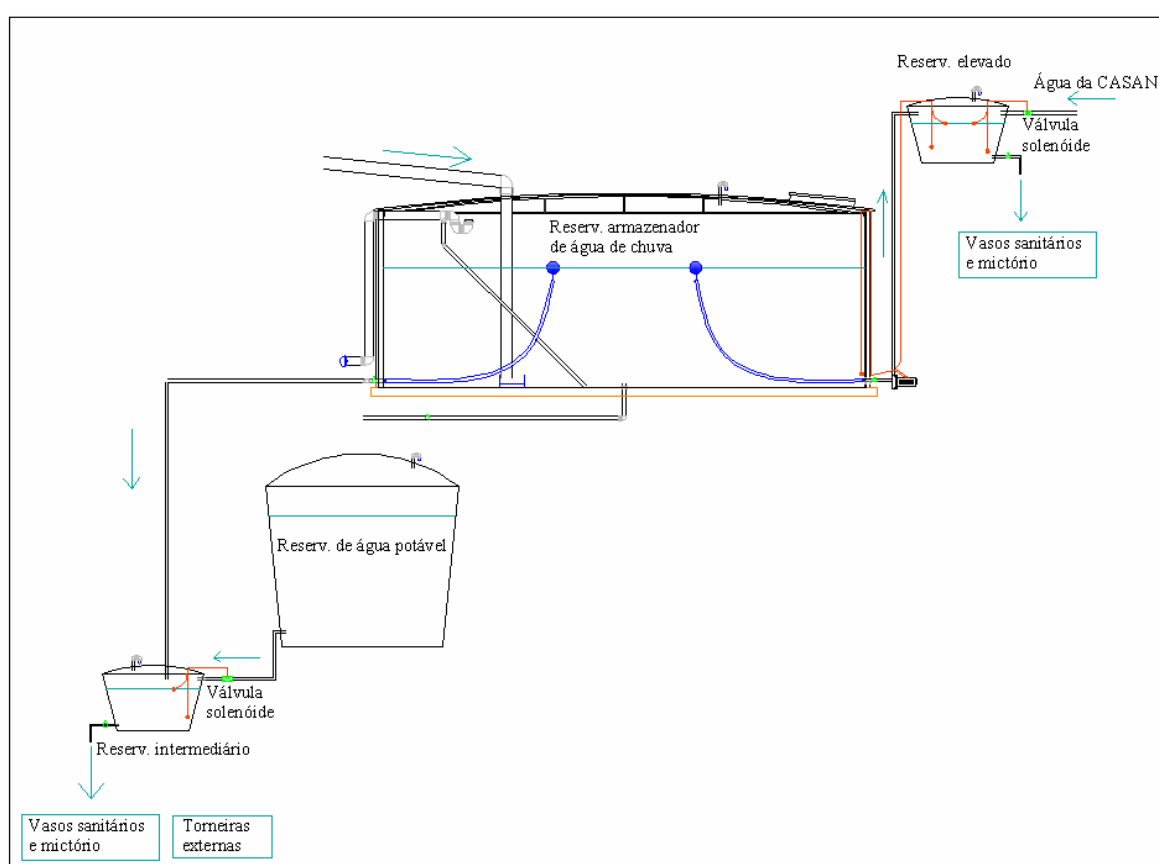


Figura 18 – Croqui dos reservatórios interligados entre si

## **Calhas e Condutores**

As calhas terão seção semi-circular, possuindo um coeficiente de rugosidade de 0,011 (material plástico). A saída das calhas será com aresta viva. Nos dois lados do ginásio serão instaladas 7 calhas com declividade de 0,5%.

Os condutores verticais terão seção circular e coeficiente de rugosidade de 0,011. Serão instalados 4 em cada lado do ginásio, 8 condutores ao todo. Cabe ressaltar que existem 8 pilares em cada lado do ginásio, separadas por 5,4 m, portanto os condutores serão instalados ao longo desses pilares. Os condutores irão receber as águas da chuva providas de duas calhas que se unem, com exceção de 2 condutores que irão receber as águas de somente uma calha.

Com relação aos condutores horizontais, serão instalados 5 condutores no sistema, 4 com declividade de 2% e um de 6%. Estes também terão seção circular e coeficiente de rugosidade de 0,011.

## **Dispositivo de Descarte de Materiais Sólidos**

Após passar pela área de captação, calhas e condutores, a água de chuva é levada a um dispositivo de descarte de materiais sólidos. Este será constituído por uma bombona plástica de 100 L, com um tecido filtrante no seu interior. Este dispositivo estará apoiado sobre o dispositivo de desvio das águas das primeiras chuvas, descrito a seguir.

## **Dispositivo de Desvio das Águas das Primeiras Chuvas**

Após passar pelo dispositivo de descarte de materiais sólidos, a água de chuva é encaminhada ao dispositivo de desvio das águas das primeiras chuvas. Este tem a função de desviar o primeiro milímetro de água da chuva que, a priori, contém impurezas adquiridas ao longo da passagem pelo ar e ao entrar em contato com o telhado.

O dispositivo de desvio das águas das primeiras chuvas será uma bombona plástica com bola flutuante e dreno de fundo.

Para o dimensionamento deste dispositivo, foi utilizado o parâmetro de Andrade Neto (2003), citado por Fernandes et al. (2007), o qual defende a retenção de um litro de água da chuva para cada metro quadrado. Portanto, a bombona deverá reter 800 L.

Ao completar o volume de descarte, a bóia irá travar o condutor vertical, onde, a partir deste ponto, a água de chuva será encaminhada para o reservatório armazenador de água de chuva.

Na Figura 19 está apresentada a vista lateral dos reservatórios (armazenador e elevado), e dos dispositivos de descarte dos sólidos e desvio das águas das primeiras chuvas.

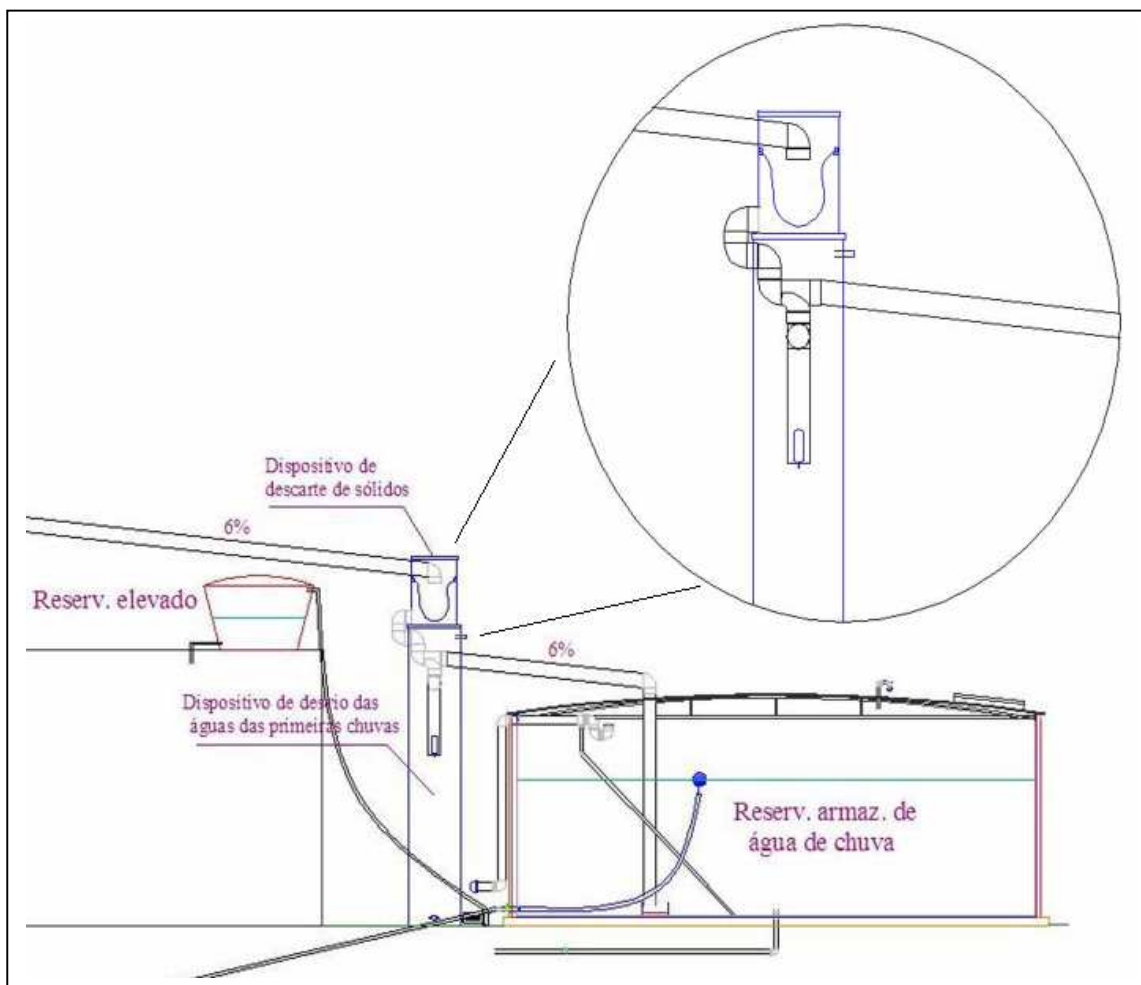


Figura 19 – Croqui dos reservatórios (apoiado e elevado) com dispositivos de descarte de sólidos e desvio das águas das primeiras chuvas (vista lateral)

### Rede de Tubulações de Distribuição de Água

Haverá duas redes de tubulações de distribuição de água. Uma será constituída por uma tubulação de 1'' conectada à saída do reservatório armazenador de água de chuva e à entrada do reservatório elevado. De lá, ela se encaminha até as descargas dos vasos sanitários e mictório, dos banheiros do ginásio. A outra contará com uma tubulação de 2'' conectada à saída do reservatório armazenador de água de chuva e à entrada do reservatório intermediário. Saindo deste reservatório, ela segue então caminho em direção às descargas dos vasos sanitários da edificação principal, e torneiras externas (com exceção da torneira do tanque).

Haverá também uma tubulação de ligação entre a caixa d'água da escola e o reservatório intermediário, com uma válvula solenóide entre eles. O reservatório intermediário contará com uma bóia com sensores de nível, assim, quando o nível da água da chuva atingir o seu valor mínimo, a bóia será acionada, abrindo a válvula



solenóide. Isso permitirá a entrada de água potável no reservatório intermediário, a qual irá percorrer os mesmos caminhos da água da chuva, abastecendo assim os usos não-potáveis.

### **Tubos e Conexões**

Serão necessários tubos e conexões da linha Aquapluv, da linha Esgoto Série Normal e da linha Água Fria. Além disso, serão utilizadas válvulas solenóides, bóias eletromecânicas, e bomba centrífuga.

### **Manutenção**

O interior do reservatório armazenador de água de chuva deverá ser escovado com uma solução de água sanitária a 10% e lavado antes do sistema ser colocado em uso. O reservatório deverá ser drenado e esvaziado periodicamente para remover os sedimentos acumulados. Além disso, a tampa da visita deve ser mantida bem travada para evitar o desenvolvimento de algas devido à entrada de luz, sujeira, insetos e animais, e também para minimizar as perdas por evaporação.

Outros procedimentos de manutenção são: manter as calhas e tubos de queda em boas condições, limpar o separador de sólidos e revisar a bomba periodicamente.

### **5.3. Dimensionamento do Reservatório Armazenador de Água de Chuva**

Foi utilizado como critério de projeto a NBR 12217:1994, “Projeto de Reservatório de Distribuição de Água para Abastecimento Público”.

Segundo Group Raindrops (2002), o dimensionamento do reservatório armazenador de água de chuva deve ser feito com base em um estudo estatístico dos períodos de secas na região em estudo e no consumo total diário.

Pode-se determinar o número de dias consecutivos sem chuva utilizando tratamento estatístico e pelo método de Gumbel, com séries históricas de precipitações, através do seguinte procedimento (THIESEN, 2004):

- 1) Conta-se o número máximo de dias consecutivos sem chuva para cada ano;
- 2) Calcula-se a média aritmética e o desvio padrão, através das seguintes equações:

$$\overline{DS} = \frac{\sum_{i=1}^n DS_i}{n} \quad (5)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (DS_i - \overline{DS})^2}{n-1}} \quad (6)$$

Onde:

$DS$  = número máximo de dias consecutivos sem chuva do ano;

$\overline{DS}$  = média aritmética do número máximo de dias consecutivos sem chuva;  
 $n$  = número de anos;  
 $\sigma$  = desvio padrão.

- 3) Adota-se um período de retorno conveniente e aplica-se o método de Gumbel, utilizando as equações a seguir:

$$b = -\ln \left[ -\ln \left( \frac{T-1}{T} \right) \right] \quad (7)$$

$$K = (0,7797 \times b) - 0,45 \quad (8)$$

$$DS = \overline{DS} + K \sigma \quad (9)$$

Onde:

$T$  = período de retorno;  
 $K$  = fator de frequência;  
 $b$  = parâmetro de ajuste;  
 $DS$  = número máximo de dias consecutivos sem chuva do ano;  
 $\overline{DS}$  = média aritmética do número máximo de dias consecutivos sem chuva;  
 $\sigma$  = desvio padrão.

O volume total de água necessário ( $V_t$ ) é então calculado pela equação abaixo (Oliveira, 2004):

$$V_t = (C \times DS \times 1,1) \times 10^{-3} \quad (10)$$

Onde:

$V_t$  = Volume total de água necessário em  $m^3$ ;

$C$  = consumo de água em litros por dia;

$DS$  = número máximo de dias consecutivos sem chuva;

Deve-se considerar um volume de perdas eventuais de água (fator de segurança) de 10%, por isso multiplica-se o volume encontrado por um coeficiente de 1,1.

## 5.4. Dimensionamento das Calhas e Condutores

### 5.4.1. Calhas

O dimensionamento das calhas será feito conforme a Norma NBR 10844:1989, que leva em consideração a vazão de projeto e a declividade da calha.

A vazão de projeto será determinada através da equação:

$$Q = \frac{IxA}{60} \quad (11)$$

Onde:

Q = vazão de projeto (L/min);

I = intensidade pluviométrica (mm/h);

A = área de contribuição (m²).

Segundo a Norma NBR 10844:1989, para se determinar a intensidade pluviométrica (I) para fins de projeto, deve ser fixada a duração da precipitação e do período de retorno adequado, com base em dados pluviométricos locais.

Para este projeto a duração da precipitação e o período de retorno foram fixados em 5 minutos e 5 anos, respectivamente.

A intensidade pluviométrica (I) a ser adotada deve ser de 150 mm/h quando a área de projeção horizontal for menor que 100 m². Se a área exceder a 100 m², utilizar a tabela 5 (Chuvas Intensas no Brasil) da NBR 10844/1989. O valor da intensidade de precipitação pode ser obtido através de equações de intensidade-duração-frequência (equação de chuvas intensas) ou através de curvas de intensidade versus duração, para o período de retorno escolhido (THIESEN, 2004).

Nerilo et al. (2002) apresentaram um método simplificado das “relações entre alturas de chuvas”, para a obtenção de intensidades pluviométricas, para várias durações e períodos de retorno. Segundo este método, para uma duração da precipitação de 5 min e um período de retorno de 5 anos, a intensidade pluviométrica da região de Concórdia é de 166,4 mm/h.

Para a obtenção do diâmetro das calhas semi-circulares será aplicada a equação de Manning-Stricker:

$$Q = \frac{KxSxRh^{(2/3)}xI^{(0,5)}}{n} \quad (12)$$

Onde:

K = 60000

S = Área da seção molhada (m²)

Rh = Raio Hidráulico (m)

I = Declividade da calha (m/m)

n = Coeficiente de rugosidade

Q = Vazão de projeto (L/min)

#### 5.4.2. Condutores Verticais

O diâmetro interno mínimo dos condutores verticais de seção circular é de 75 mm e devem ser dimensionados a partir dos seguintes dados (GHISI&GUGEL, 2005):

- $Q$  = vazão de projeto (L/min);
- $H$  = altura da lâmina de água na calha (mm);
- $L$  = comprimento do condutor vertical (m).

A partir dos dados obtidos deve-se consultar o ábaco da Figura 20, retirado da Norma 10844:1989, já que as calhas deste trabalho possuem saída com aresta viva. O procedimento deve ser feito da seguinte maneira: levantar uma vertical por  $Q$  até interceptar as curvas de  $H$  e  $L$  correspondentes. No caso de não haver curvas dos valores de  $H$  e  $L$ , interpolar entre as curvas existentes. Transportar a interseção mais alta até o eixo  $D$ . Deve-se adotar um diâmetro nominal interno superior ou igual ao valor encontrado no ábaco (GHISI&GUGEL, 2005).

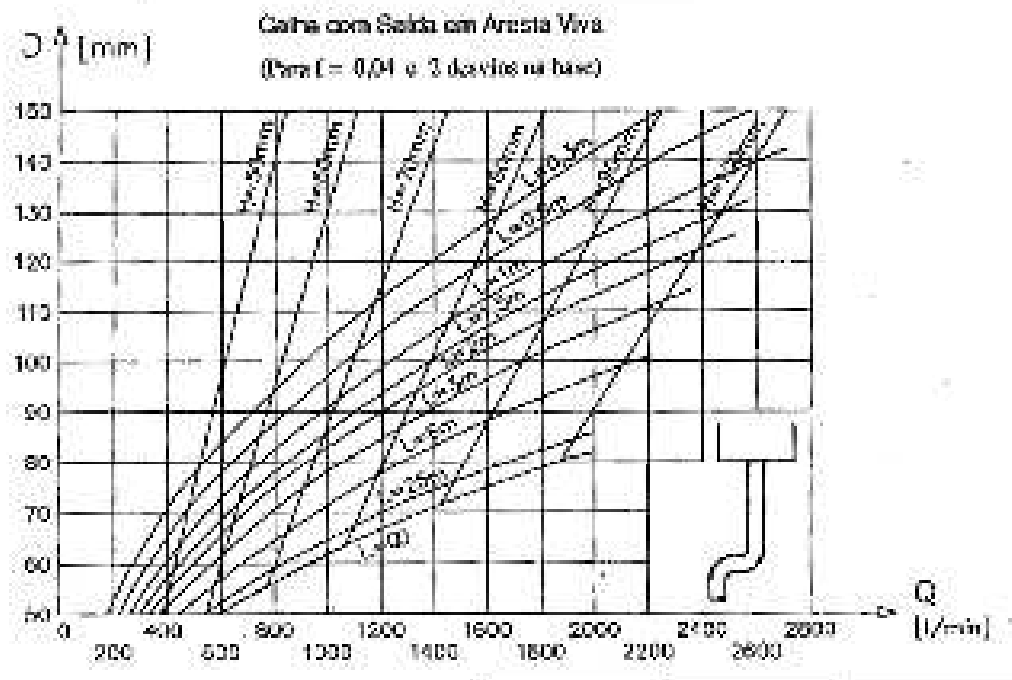


Tabela 9 – Capacidade dos condutores horizontais de seção circular (vazões em l/min)

Diâmetro Interno (D) (mm)	n = 0,011				n = 0,012				n = 0,013			
	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%	0,5 %	1%	2%	4%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Fonte: Norma NBR 10844/1989

## 5.5. Análise de Viabilidade Econômica

### 5.5.1. Economia Estimada na Conta de Água

Para estimar a redução do custo com a água foram utilizadas as tarifas de água cobradas pela CASAN. Em uma instituição pública, para o consumo da cota básica de 10 m³ é cobrada a tarifa de R\$ 31,65 e mais R\$5,2516 por cada metro cúbico excedente, como se pode ver na Tabela 10.

Tabela 10 - Estrutura tarifária da CASAN

Categoria	Faixa	Consumo (m³)	Valor cobrado (R\$/m³)
Residencial "A" (Social)	1	Até 10	4,01/mês
	2	11 a 25	1,1258/m³
	3	26 a 50	5,4124/m³
	4	maior que 50	6,6059/m³
Residencial "B"	1	até 10	21,44/mês
	2	11 a 25	3,9293/m³
	3	26 a 50	5,5127/m³
	4	maior que 50	6,6059/m³
Comercial	1	Até 10	31,65/mês
	2	11 a 50	5,2516/m³
	3	> 50	6,6059/m³
Industrial especial >5.000 m³	1	0 a 5.000	2,7800
	2	5.001 a 10.000	2,2409
	3	10.001 a 30.000	2,0295
	4	30.001 a 60.000	1,7970
	5	60.001 a 120.000	1,6913
	6	> 120.000	1,5221
Micro e Pequeno Comércio	1	Até 10	22,36/mês
	2	Maior que 10	5,2516/m³
Industrial	1	Até 10	31,65/mês
	2	Maior que 10	5,2516/m³
Pública	1	Até 10	31,65/mês
	2	Maior que 10	5,2516/m³

Fonte: CASAN, 2008.

O valor da tarifa da água de abastecimento fornecida pela CASAN é determinado pelo volume de água consumido mensalmente. Este valor é calculado segundo diversos fatores como custo do tratamento, transporte, categoria de usuário e faixa de consumo mensal.

A tabela tarifária da CASAN é válida para todo o Estado, independente do tipo e complexidade da Estação de Tratamento de Água e do manancial de abastecimento. Além disso, está estabelecida de acordo com as categorias dos usuários e suas respectivas faixas de consumo.

Portanto, para se estimar a redução de custo com água e esgoto, considerando o sistema em operação, deve-se calcular o valor cobrado pelo serviço de água e esgoto, por meio da equação:

$$\text{Valor cobrado} = [31,65 + 5,2516 \times (\text{consumo de água} - 10) + \text{esgoto}] \quad (13)$$

Cabe ressaltar que a tarifa de esgoto representa 80% da tarifa cobrada pela água.

#### *5.5.2. Levantamento do Custo de Implantação do Sistema*

A estimativa dos custos de materiais e equipamentos necessários foi realizada por meio de uma pesquisa de preço em lojas de materiais de construção, e também diretamente com fornecedores de placas de ardósia e de reservatórios de aço galvanizado. Verificou-se então o preço médio de cada componente.

Os materiais orçados foram reservatórios de fibra de vidro de 500 litros, calhas, tubos, conexões e acessórios, reservatório de aço galvanizado, placas de ardósia (2,2m x 0,4m x 5cm), bombonas de plástico, uma bomba centrífuga BCR-2000 de ¼ CV, mão-de-obra e frete.

Para se fazer o levantamento do custo total de implantação do sistema, os custos foram divididos da seguinte forma:

- Custo do reservatório armazenador de água da chuva, levando em conta os dois materiais analisados;
- Custo do dispositivo de descarte do material sólido e dispositivo de desvio das águas das primeiras chuvas;
- Custo dos tubos, conexões, acessórios, caixas d'água e bomba;  
O custo da mão-de-obra e frete também foram introduzidos em cada custo citado acima.

Cabe salientar que o custo de manutenção do sistema será desprezível, visto que a limpeza das calhas e dos reservatórios será feita eventualmente por funcionário da escola.

#### *5.5.3. Determinação do Período de Retorno do Investimento*

A avaliação econômica do sistema de captação de água de chuva foi realizada através da análise do período de retorno do investimento, ou seja, o tempo necessário para amortizar o gasto extra com a implantação do sistema.

Sabendo-se o custo de investimento da implantação do sistema, e a redução mensal do custo com a água, é então possível calcular o período de retorno do investimento.

A determinação dos períodos de retorno foi desenvolvida em duas etapas.

Na primeira etapa foram determinados valores futuros, levando as receitas (economia estimada na conta de água) de janeiro a novembro até o mês de dezembro, para todos os anos do horizonte de planejamento.

Na segunda etapa será utilizado o Método do Valor Presente Líquido (VPL) , que consiste em determinar um valor no instante considerado inicial, a partir de um fluxo de caixa formado de uma série de receitas e dispêndios. Portanto, os valores futuros encontrados na primeira etapa serão trazidos para o presente, e, considerando o investimento inicial, será então calculado o período de retorno do investimento.

Na segunda parte, será utilizada a seguinte equação para o cálculo do período de retorno:

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{Ft}{(1+k)^t} \quad (14)$$

Onde:

VPL = Valor Presente Líquido;

Ft = Fluxos previstos de receitas (entradas) ou despesas (saídas) no período “t”;

t = período de análise;

k = Taxa Mínima de Atratividade (TMA);

n = vida útil do projeto (anos).

A Taxa de Juros Mínima de Atratividade (TMA) adotada para este cálculo foi de 1% a.m., o que corresponde aproximadamente à taxa de juros média de aplicação de renda fixa. Cabe salientar que na segunda parte a TMA mensal deverá ser transformada em TMA anual, ou seja, ela passará a ser de 12,7% a.a..

Segundo Guilherme (2006), citado por Fernandes et al. (2007), a vida útil do sistema de aproveitamento de água da chuva é de cerca de 20 anos, ou seja, n = 20, portanto o horizonte de planejamento para efeito de cálculo será a vida útil do projeto. O mês de dezembro de 2008 será considerado o instante inicial.

#### *5.5.4. Determinação da Alternativa mais Atrativa*

A alternativa mais atrativa foi determinada com base nos custos de implantação do sistema e será aquela que representar o menor tempo de retorno do investimento. Além disso, foram levadas em consideração as vantagens e desvantagens de cada material.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1. Levantamento de Dados Pluviométricos

Foi realizado um levantamento de dados das séries históricas de precipitações, da estação meteorológica de Concórdia - SC (Latitude: 27°18'S e Longitude: 51°59'O) com o banco de dados do Ciram (Centro Integrado de Recursos Ambientais de Santa Catarina). Escolheu-se esta estação por se encontrar muito próxima de Seara, a região de estudo. O período da série histórica foi de 48 anos, de 1955 a 2003.

Para se determinar os períodos de retorno das deficiências hídricas, foi realizada uma análise estatística dos períodos diários consecutivos sem precipitações para cada série diária anual (Figura 21). O método estatístico utilizado para esta análise foi o “Método de Gumbel”.

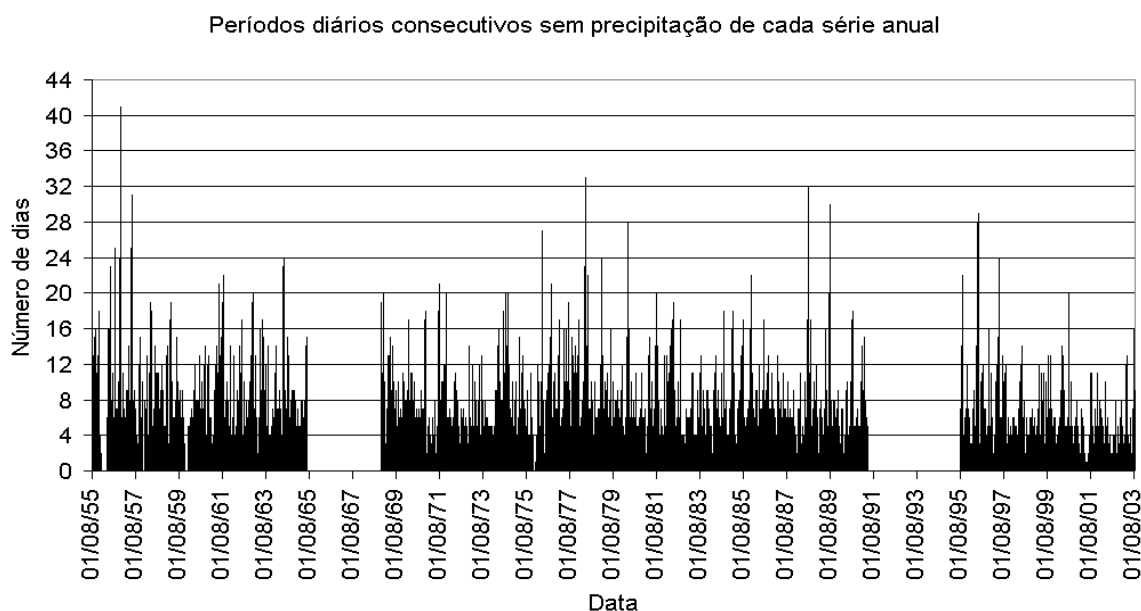


Figura 21 – Gráfico dos períodos diários consecutivos sem precipitações para cada série anual da região de Concórdia – SC

A Tabela 11 mostra os resultados da aplicação do Método de Gumbel, descrito anteriormente, para determinação dos períodos de retorno de cada evento (maiores períodos diários consecutivos sem precipitação em cada ano da série).



Tabela 11 – Análise estatística de períodos de secas (maior número de dias sem chuva consecutivos anual) para Concórdia

Análise estatística dos períodos de seca Concórdia Método: Gumbel Maior número de dias sem chuva consecutivos anual			Média	20,1429			
			Desvio Padrão	6,59			
			z	0,195			
			y	-17,179			
ANO	DIAS CONSECUTIVOS SEM CHUVA	ANOS MAIS CRÍTICOS	DIAS CONSECUTIVOS SEM CHUVA	bi	X	Pi	Tr
1955	18	1956	41	4,638	0,010	0,010	103,83
1956	41	1978	33	3,080	0,046	0,045	22,27
1957	31	1988	32	2,886	0,056	0,054	18,42
1958	19	1957	31	2,691	0,068	0,066	15,25
1959	19	1989	30	2,496	0,082	0,079	12,64
1960	14	1996	29	2,302	0,100	0,095	10,50
1961	22	1980	28	2,107	0,122	0,115	8,73
1962	20	1964	24	1,328	0,265	0,233	4,30
1963	17	1979	24	1,328	0,265	0,233	4,30
1964	24	1997	24	1,328	0,265	0,233	4,30
1965	15	1961	22	0,939	0,391	0,324	3,09
1969	20	1985	22	0,939	0,391	0,324	3,09
1970	18	1995	22	0,939	0,391	0,324	3,09
1971	21	1971	21	0,744	0,475	0,378	2,64
1972	14	1976	21	0,744	0,475	0,378	2,64
1973	13	1962	20	0,549	0,577	0,439	2,28
1974	20	1969	20	0,549	0,577	0,439	2,28
1975	15	1974	20	0,549	0,577	0,439	2,28
1976	21	1981	20	0,549	0,577	0,439	2,28
1977	19	2000	20	0,549	0,577	0,439	2,28
1978	33	1958	19	0,355	0,701	0,504	1,98
1979	24	1959	19	0,355	0,701	0,504	1,98
1980	28	1977	19	0,355	0,701	0,504	1,98
1981	20	1982	19	0,355	0,701	0,504	1,98
1982	19	1955	18	0,160	0,852	0,574	1,74
1983	13	1970	18	0,160	0,852	0,574	1,74
1984	18	1984	18	0,160	0,852	0,574	1,74
1985	22	1990	18	0,160	0,852	0,574	1,74
1986	17	1963	17	-0,035	1,035	0,645	1,55
1987	13	1986	17	-0,035	1,035	0,645	1,55
1988	32	1965	15	-0,424	1,528	0,783	1,28
1989	30	1975	15	-0,424	1,528	0,783	1,28
1990	18	1991	15	-0,424	1,528	0,783	1,28
1991	15	1960	14	-0,619	1,857	0,844	1,19
1995	22	1972	14	-0,619	1,857	0,844	1,19
1996	29	1998	14	-0,619	1,857	0,844	1,19
1997	24	1973	13	-0,814	2,256	0,895	1,12
1998	14	1983	13	-0,814	2,256	0,895	1,12
1999	13	1987	13	-0,814	2,256	0,895	1,12
2000	20	1999	13	-0,814	2,256	0,895	1,12
2001	11	2001	11	-1,203	3,330	0,964	1,04
2002	10	2002	10	-1,398	4,046	0,983	1,02

## 6.2. Disponibilidade de Água de Chuva

A Tabela 12 apresenta os resultados de disponibilidade de água de chuva, encontrados através das equações (3) e (4).

Tabela 12 - Resultados de disponibilidade de água de chuva

Volume de Captação (m <sup>3</sup> /ano)	1064,88
Volume de Descarte (m <sup>3</sup> /ano)	89,6
Volume Disponível (m <sup>3</sup> /ano)	975,28
Volume Disponível (L/dia)	2.672,00

Portanto, o volume de água disponível foi de 2.672,00 L/dia.

### 6.3. Consumo Diário de Água

A Tabela 13 apresenta os consumos de água na escola, com suas respectivas médias.

Tabela 13 – Consumo de água na Escola de Educação Básica Rosina Nardi

Mês/Ano	Consumo total por mês		Consumo total diário	Consumo mensal de água pluvial		Consumo diário de água pluvial	
	(m <sup>3</sup> )	(L)	(L/dia)	(m <sup>3</sup> )	(L)	(m <sup>3</sup> /dia)	(L/dia)
mai-06	34	34000	1700,00	20,40	20400	1,02	1020,00
jun-06	83	83000	4150,00	49,80	49800	2,49	2490,00
jul-06	79	79000	3950,00	47,40	47400	2,37	2370,00
ago-06	28	28000	1400,00	16,80	16800	0,84	840,00
set-06	74	74000	3700,00	44,40	44400	2,22	2220,00
out-06	50	50000	2500,00	30,00	30000	1,50	1500,00
nov-06	55	55000	2750,00	33,00	33000	1,65	1650,00
dez-06	55	55000	2750,00	33,00	33000	1,65	1650,00
abr-07	61	61000	3050,00	36,60	36600	1,83	1830,00
mai-07	52	52000	2600,00	31,20	31200	1,56	1560,00
jun-07	60	60000	3000,00	36,00	36000	1,80	1800,00
jul-07	153	153000	7650,00	91,80	91800	4,59	4590,00
ago-07	123	123000	6150,00	73,80	73800	3,69	3690,00
set-07	107	107000	5350,00	64,20	64200	3,21	3210,00
out-07	204	204000	10200,00	122,40	122400	6,12	6120,00
nov-07	79	79000	3950,00	47,40	47400	2,37	2370,00
dez-07	79	79000	3950,00	47,40	47400	2,37	2370,00
mar-08	110	110000	5500,00	66,00	66000	3,30	3300,00
abr-08	108	108000	5400,00	64,80	64800	3,24	3240,00
mai-08	93	93000	4650,00	55,80	55800	2,79	2790,00
jun-08	205	205000	10250,00	123,00	123000	6,15	6150,00
jul-08	171	171000	8550,00	102,60	102600	5,13	5130,00
ago-08	93	93000	4650,00	55,80	55800	2,79	2790,00
set-08	152	152000	7600,00	91,20	91200	4,56	4560,00
<b>Média</b>	<b>96,17</b>	<b>96166,67</b>	<b>4808,33</b>	<b>57,70</b>	<b>57700,00</b>	<b>2,89</b>	<b>2885,00</b>

Portanto, foi obtido um consumo diário de água de chuva de 2.885,00 L, considerando uma demanda de 60% da demanda total de água. Como a disponibilidade de água de chuva no sistema é de 2.672,00 L/dia, 93% da demanda por água de chuva será atendida.

Cabe ressaltar que para a obtenção desta estimativa foi utilizada a série de consumo de 2006 a 2008, com exceção de alguns meses.

#### **6.4. Volume do Reservatório Armazenador de Água Pluvial**

Adotando um período de retorno de três anos (GROUP RAINDROPS, 2002), segundo o estudo estatístico dos períodos de secas na região de Concórdia, tem-se eventos com 22 dias.

Para o dimensionamento do volume total de água necessário ( $V_t$ ), que é em função do consumo diário ( $C$ ) em litros por dia, e do período de uso da água em dias ( $DS$ ), deve-se considerar um volume de perdas eventuais de água de 10%.

Aplicando-se a equação (10), e considerando o consumo diário de água de chuva de 2.885,00 L/dia, o volume do reservatório apoiado no terreno será:

$$V_{t22} = 2.885,00 \times 22 \times 1,1 \times 10^{-3} = 70 \text{ (m}^3\text{)}$$

Portanto, para um consumo de 2.885,00 litros/dia, área de captação de 800 m<sup>2</sup>, e para um período de retorno de três anos (22 dias sem chuva) o volume do reservatório calculado foi de 70 m<sup>3</sup>. Considerando um volume de folga, definiu-se que o reservatório terá um volume de 80 m<sup>3</sup>, com 6,8 m de diâmetro interno e 2,2 m de altura.

#### **6.5. Dimensionamento das Calhas e Condutores**

##### **6.5.1. Calhas**

Optou-se por uma calha semi-circular de 125 mm de diâmetro. Segundo a equação (12), para um coeficiente de rugosidade de 0,011 e uma declividade de 0,005 m/m, a capacidade desta calha é de 236 L/min. Portanto, cada calha deverá atender uma área de captação de no máximo 85 m<sup>2</sup>, segundo a equação (11). Sabendo-se que cada lado do ginásio possui 8 vigas de 25 cm, separadas por 5,4 m, definiu-se que serão instaladas 7 calhas de 5,4 m de comprimento, com as saídas, em aresta viva, coincidindo com as vigas. Assim cada calha irá atender uma área de captação de 56,5 m<sup>2</sup> (considerando os 25 cm de viga). A vazão de projeto de cada calha será encontrada por meio da equação (11), que será de 150 L/min. Na Tabela 14 está apresentado o resumo dos resultados do dimensionamento das calhas.

Tabela 14 – Resultados do dimensionamento das calhas

Declividade da calha (m/m)	0,005
Coefficiente de rugosidade da calha	0,011
Diâmetro adotado (mm)	125
Número de calhas (un)	14
Comprimento da calha (m)	5,4
Área atendida (m <sup>2</sup> )	56,5
Vazão de projeto (L/min)	157

### 6.5.2. Condutores Verticais

Os dados de cálculo para o dimensionamento dos condutores verticais e os diâmetros adotados estão apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 - Dados de cálculo e diâmetros adotados para os condutores verticais

Condutores Verticais	n	Comprimento (m)	Altura da lâmina d'água (mm)	Área de captação atendida (m <sup>2</sup> )	Vazão de Projeto (L/min)	Diâmetro encontrado (mm)	Diâmetro adotado (mm)
CV1/CV8	0,011	0,6	60	113	313,4	75	88
CV2/CV7	0,011	1,0	60	113	313,4	75	88
CV3/CV6	0,011	1,4	60	113	313,4	75	88
CV4/CV5	0,011	1,8	60	56,5	157	75	88

Através do ábaco da Figura 20, observa-se que para estes dados de cálculo (vazões muito pequenas) o diâmetro de todos os condutores poderia ser o mínimo permitido, de 75 mm. Adotou-se então um diâmetro de 88 mm, disponível pela linha Aquapluv.

### 6.5.3. Condutores Horizontais

Na Tabela 16 estão apresentados os dados de cálculo e os diâmetros adotados para cada condutor horizontal.

Tabela 16 – Dados de cálculo e diâmetros adotados para os condutores horizontais

<b>Condutor Horiz.</b>	<b>n</b>	<b>I (%)</b>	<b>Comprimento (m)</b>	<b>Área de captação atendida (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Vazão de Projeto (L/min)</b>	<b>Diâmetro adotado (mm)</b>
CH1	0,011	2	34	400	1109	150
CH2	0,011	2	34	400	1109	150
CH3	0,011	2	9,5	400	1109	150
CH4	0,011	2	9,5	400	1109	150
CH5	0,011	6	8,0	800	2219	150

Os condutores horizontais terão, portanto, um diâmetro interno de 150 mm.

Cabe ressaltar que houve a necessidade de aumentar consideravelmente a declividade do CH5 para que ele pudesse ter um diâmetro de 150 mm. Caso contrário seria preciso aumentar o diâmetro para 200 mm, trazendo assim gastos maiores na implantação do sistema.

As Figuras 22 e 23 apresentam a vista lateral e a vista dos fundos do ginásio, respectivamente, com o sistema de tubulações de captação de água de chuva.

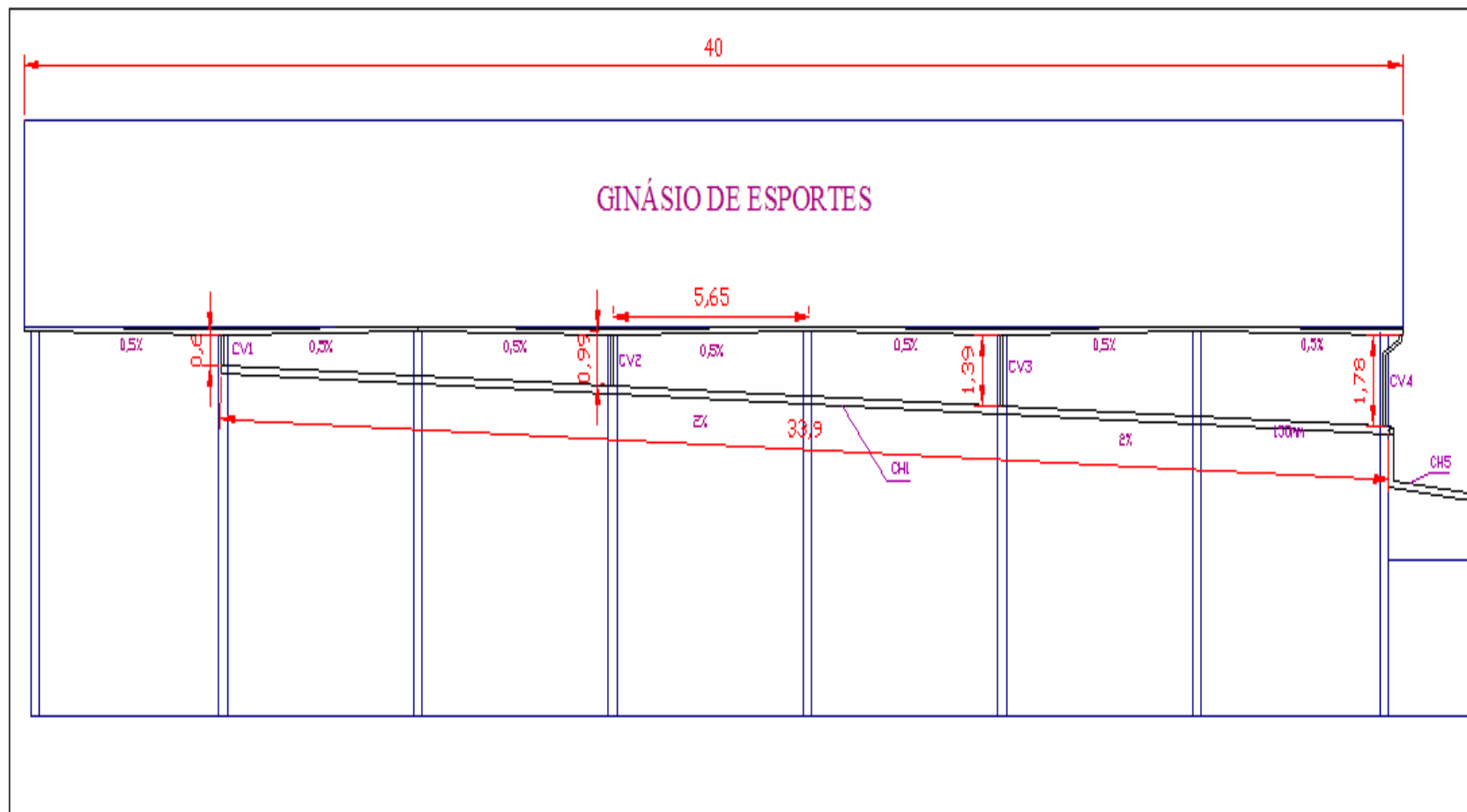


Figura 22 – Croqui do ginásio e sistema de captação de água de chuva (vista lateral)

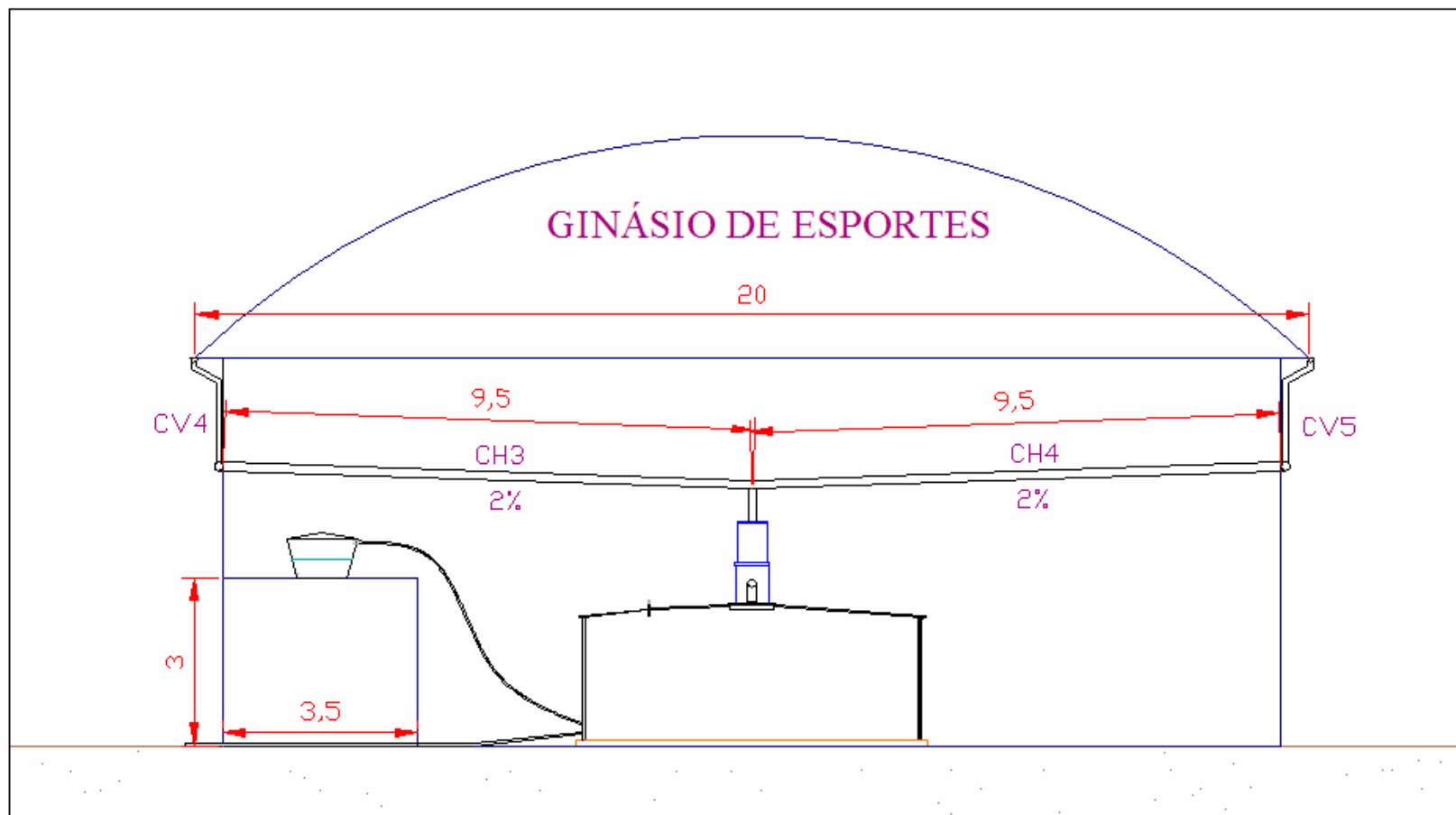


Figura 23 – Croqui do ginásio e sistema de captação de água de chuva (vista traseira)

## 6.6. Economia Estimada na Conta de Água e Esgoto

Para estimar a redução do custo com a água e esgoto, calculou-se inicialmente o consumo médio de água potável, considerando os consumos obtidos nos anos de 2007 e 2008. Como não foram fornecidos alguns meses de 2008, para o cálculo médio de água potável nos respectivos meses, foram considerados os valores de consumo do ano de 2007. Dessa forma, utilizando a tarifa de água cobrada pela CASAN, se achou o valor médio cobrado pela água e esgoto, para cada mês. Considerando que, após a instalação do sistema, 60% da demanda total de água será abastecida pela água da chuva, foi obtido um novo consumo médio de água potável (40% da demanda total de água), e então, se achou novos custos com a água e esgoto. A diferença dos custos totais, antes e depois da implantação do sistema, é o valor economizado a cada mês.

A Tabela 17 apresenta a estimativa da redução do custo com a água e esgoto.

Tabela 17 - Estimativa da redução do custo com a água e esgoto

Mês	Consumo de água potável (m³)		Consumo médio de água potável (m³)	Valor cobrado (R\$)			Novo consumo médio de água potável* (m³)	Novo valor cobrado* (R\$)			Diferença de custo (R\$)
	2007	2008		Água	Esgoto	Total		Água	Esgoto	Total	
<b>Jan</b>	57	133	95	478,04	382,43	860,46	38	178,69	142,96	321,65	538,81
<b>Fev</b>	34	-	34	157,69	126,15	283,84	13,6	50,56	40,44	91,00	192,84
<b>Mar</b>	50	110	80	399,26	319,41	718,67	32	147,19	117,75	264,93	453,74
<b>Abr</b>	61	108	84,5	422,89	338,32	761,21	33,8	156,64	125,31	281,95	479,26
<b>Mai</b>	52	93	72,5	359,88	287,90	647,78	29	131,43	105,14	236,57	411,20
<b>Jun</b>	60	205	132,5	674,97	539,98	1214,95	53	257,47	205,98	463,44	751,50
<b>Jul</b>	153	171	162	829,89	663,91	1493,81	64,8	319,44	255,55	574,99	918,82
<b>Ago</b>	123	93	108	546,31	437,05	983,35	43,2	206,00	164,80	370,81	612,55
<b>Set</b>	107	152	129,5	659,22	527,37	1186,59	51,8	251,17	200,93	452,10	734,49
<b>Out</b>	204	-	204	1050,46	840,37	1890,83	81,6	407,66	326,13	733,80	1157,03
<b>Nov</b>	79	-	79	394,01	315,21	709,22	31,6	145,08	116,07	261,15	448,07
<b>Dez</b>	79	-	79	394,01	315,21	709,22	31,6	145,08	116,07	261,15	448,07

\* Caso o sistema estivesse em funcionamento, e considerando 40% do consumo total de água (lembrando que numa etapa anterior definiu-se que a demanda de água de chuva seria de 60% da demanda total de água).



## 6.7. Levantamento do Custo de Implantação do Sistema

### 6.7.1. Custo do Reservatório Apoiado ao Terreno

Para o reservatório apoiado ao terreno, feito de ardósia e de aço, os valores médios pesquisados no mercado dos materiais e serviços orçados, as quantidades e custo total estão apresentados na Tabela 18 e 19.

#### Reservatório de Ardósia

Tabela 18 – Custos do reservatório de ardósia

<b>Materiais</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço Unitário</b>	<b>Preço</b>
Placas de Ardósia	un	55	10,00	550,00
Geomembrana	un	1	10,00	10,00
Silicone (bismas de 280 g)	un	20	6,00	120,00
Cabos de aço	un	48	40,00	1920,00
Esticador	un	48	4,00	192,00
Leito de areia compactada	m <sup>3</sup>	7,35	50,00	367,50
Telhas de aço galvanizado (91x100x0,043)	un	54	9,88	533,52
Frete	dia	1	850,00	850,00
Mão-de-obra	dia	5	200,00	1000,00
			<b>Sub-Total R\$:</b>	<b>5543,02</b>

#### Reservatório de Aço Galvanizado

Tabela 19 - Custos do reservatório de aço

<b>Materiais</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço Unitário</b>	<b>Preço</b>
Reservatório de aço galvanizado com tampa	un	1	13000,00	13000,00
Geomembrana	m <sup>2</sup>	134	10,00	1340,00
Leito de areia compactada	m <sup>3</sup>	7,35	50,00	367,50
Frete	dia	1	500,00	500,00
Mão-de-obra	dia	2	150,00	300,00
			<b>Sub-Total R\$:</b>	<b>15507,50</b>

### 6.7.2. Custo do Dispositivo de Desvio das Águas das Primeiras Chuvas e Dispositivo de Retirada dos Sólidos

Para o dispositivo de desvio das águas das primeiras chuvas e dispositivo de descarte dos sólidos, os valores médios pesquisados no mercado dos materiais e serviços orçados, as quantidades e custo total estão apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 - Custo do dispositivo de desvio das águas das primeiras chuvas e dispositivo de retirada dos sólidos

<b>Materiais</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço Unitário</b>	<b>Preço</b>
Bombona 800L	un	1	500,00	500,00
Bombona 100L (53 x 75cm)	un	1	68,00	68,00
Tecido filtrante	m <sup>2</sup>	1,5	3,00	4,50
Ressalto de plástico	un	1	2,00	2,00
			<b>Sub-Total R\$:</b>	<b>574,50</b>

### 6.7.3. Custo dos Tubos e Conexões, Acessórios, Caixas d'Água e Bomba

Para os tubos, conexões, acessórios, caixas d'água e bomba, os valores médios pesquisados no mercado dos materiais e serviços orçados, as quantidades e custo total estão apresentados na Tabela 21.

Os materiais discriminados referentes aos “Tubos e Conexões” estão apresentados em Anexo.

Tabela 21 – Custo dos tubos, conexões, acessórios, caixas d'água e bomba

<b>Materiais</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço Unitário</b>	<b>Preço</b>
Tubos e conexões*	un	1	500,00	5.338,72
Caixa d'água	un	2	154,00	308,00
Bomba centrífuga	un	1	260,00	260,00
Válvula solenóide simples	un	1	15,00	15,00
Válvula solenóide	un	1	250,00	250,00
Bóia automática	un	4	21,90	87,60
Mão-de-obra	dia	2	150,00	300,00
Frete	dia	1	300,00	300,00
			<b>Sub-Total R\$:</b>	<b>6861,32</b>

- Considera-se todos os materiais selecionados da linha Aquapluv, da linha Esgoto Série Normal e da linha Água Fria.

O custo total do sistema, para os dois materiais analisados, está colocado na Tabela 22.

Tabela 22 – Custo total do sistema

Custo (R\$)	Reserv. de Ardósia	Reserv. de Aço
Reservatório	5.543,02	15.507,50
Desviador das primeiras chuvas e descarte de sólidos	574,5	574,5
Tubos, conexões, acessórios, caixas d'água, e bomba	7.053,72	6.661,32
<b>TOTAL</b>	<b>12.978,84</b>	<b>22.943,32</b>

Percebe-se então que o custo do sistema com reservatório de aço galvanizado é quase o dobro do custo com reservatório de ardósia.

## 6.8. Determinação do Período de Retorno do Investimento

Cabe lembrar que foram consideradas as seguintes hipóteses simplificadoras:

- Tempo de vida útil do sistema = 20 anos;
- Taxa de Juros Mínima de Atratividade (TMA) = 1% a.m. (12,7% a.a.);
- Tarifa da água fixa no tempo.

Na Figura 24 estão apresentados os fluxos de caixa das Etapas I e II.

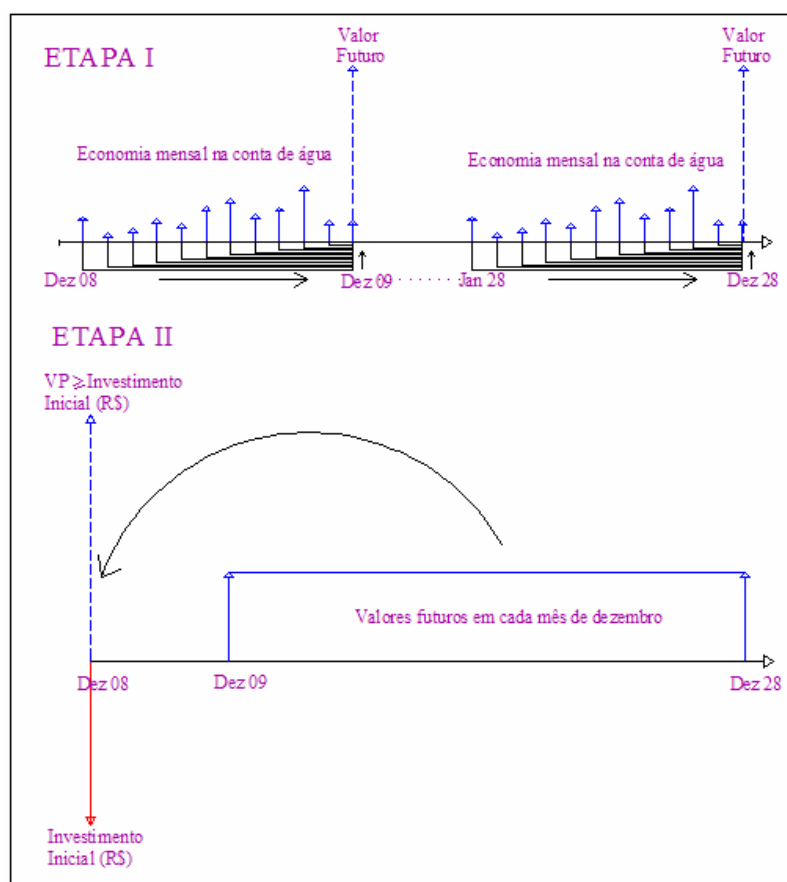


Figura 24 – Fluxos de caixas das Etapas I e II

Os valores futuros, dispostos no mês de dezembro de cada ano, e calculados na Etapa I, foram de R\$ 7.508,82.

Sabendo-se que o investimento inicial do sistema com reservatório em ardósia e do sistema com reservatório em aço, foi de R\$ 12.978,84 e de R\$ 22.943,32, respectivamente, os períodos de retorno encontrados foram de 2 anos para a ardósia, e 4 anos para o aço.

## 6.9. Determinação da Alternativa mais Atrativa

A escolha do material constituinte do reservatório armazenador de água de chuva será feita através da análise das vantagens e desvantagens dos materiais em estudo, além, e sobretudo, da análise do período de retorno do investimento, para ambos os materiais.

A Tabela 23 apresenta as vantagens e desvantagens dos materiais analisados para o reservatório armazenador de água de chuva.

Tabela 23 - Vantagens e desvantagens dos materiais analisados

Material	Vantagem	Desvantagem
Ardósia	Alta durabilidade	Pesado e difícil transporte e manuseio
	Baixo custo	Instalação lenta e trabalhosa
	Geomembrana inerte e impermeável	Exige maior número de mão-de-obra
	-	-
Aço Galvanizado	Leve e de fácil transporte e manuseio	Alto custo
	Boa durabilidade	Possibilidade de corroer e enferrujar
	Rápida instalação	-
	Exige pouca mão-de-obra	-
	Geomembrana inerte e impermeável	-

Percebe-se então que o reservatório de ardósia terá uma difícil instalação, por ser um material muito pesado, o que exige mais mão-de-obra e tempo. Porém, depois de instalado, este reservatório poderá permanecer em funcionamento durante uma infinidade de anos, já que possui uma altíssima durabilidade.

O reservatório de aço galvanizado, ao contrário, é leve e de fácil transporte e manuseio, e pode ser instalado em apenas dois dias, por somente duas pessoas. Porém, ao longo dos anos, ele pode acabar se corroendo e enferrujando, o que reduz sua vida útil, e conseqüentemente, a vida útil do sistema.

Com relação aos custos de implantação, o sistema com reservatório de aço galvanizado ficou muito mais caro (quase o dobro do preço), porém, na análise dos períodos de retorno, foi observada uma diferença de apenas 2 anos entre os dois reservatórios, ou seja, os períodos de retorno são próximos, considerando que o sistema tem uma vida útil de cerca de 20 anos.

Portanto, considerando a alta durabilidade da ardósia e seu menor período de retorno - apesar da pouca diferença - foi escolhido o reservatório de ardósia para armazenar a água da chuva.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aproveitamento da água de chuva para consumo não potável é uma tecnologia que vem crescendo sobretudo nos últimos dez anos, dando ênfase à conservação de água. Trata-se de um tema que vem ganhando cada vez mais espaço e interesse por parte da população, devido aos seus benefícios ambientais, sociais e econômicos.

Nos lugares onde há predominância de estiagens prolongadas, utilizar a água de chuva pode ser questão de sobrevivência humana, pois em muitos casos esta é a única fonte de água e pode ser utilizada para fins potáveis. Para as regiões que apresentam problemas com enchentes, armazenar a água de chuva pode significar a sua eliminação ou ainda a redução dos custos com drenagem pluvial, proporcionando assim melhores condições de vida para a população, evitando mortes e doenças e, ainda possibilitando que os recursos financeiros do poder público sejam destinados para outros setores.

Dentro do objetivo geral deste estudo de investigar a viabilidade econômica da implantação de um sistema de aproveitamento da água de chuva na Escola de Educação Básica Rosina Nardi, verificou-se que a sua implantação é aconselhável, visto que os períodos de retorno do investimento foram de 2 anos e 4 anos, para os reservatórios de ardósia e de aço galvanizado, respectivamente. Considerando que o sistema tem uma vida útil de cerca de 20 anos, isso significa que o proprietário da escola se beneficiará economicamente os 18 anos restantes, caso fosse escolhido o reservatório de ardósia. Além disso, aproveitando a água de chuva, a escola poderá reduzir em cerca de 60% o consumo de água potável, o que contribui fortemente com a preservação dos mananciais de abastecimento.

Quanto aos diferentes materiais para o reservatório armazenador de água pluvial, apesar dos custos de implantação serem bem distintos, verificou-se que a diferença entre os períodos de retorno, entre os materiais, foi de 2 anos, ou seja, uma diferença baixa, considerando uma vida útil do sistema de 20 anos. Porém, como a ardósia apresentou maior durabilidade que o aço, podendo este sofrer agressões do meio e clima com o tempo, foi escolhido o reservatório de ardósia para armazenar a água da chuva, com volume de 80 m<sup>3</sup>.

Também se pode concluir que o baixo custo de instalação do sistema favorece a adoção deste por qualquer cidadão, seja um simples proprietário de uma instalação agropecuária de pequeno porte, seja por um empresário de uma grande indústria. Cabe salientar que o fato do custo ser pequeno não significa que o sistema não seja eficiente - este foi todo cuidadosamente elaborado unindo-se tecnologia eficiente com economia financeira (bom, bonito e barato).

A Escola Rosina Nardi, implantando um sistema de aproveitamento da água de chuva, certamente estará contribuindo para a formação de cidadãos mais conscientes da sua relação com o meio ambiente, pois a educação ambiental vivenciada na prática é muito mais significativa. Todos podem se beneficiar com o aproveitamento da água de chuva, pois a escola lucra com a economia de água, os alunos serão incentivadores do processo na sociedade e, a natureza será preservada.

Um sistema de captação de água de chuva é a demonstração viva de que é possível utilizar os recursos naturais de maneira equilibrada, sem degradar ou esgotar as suas fontes e possibilitando a renovação dos mesmos.

## 8. BIBLIOGRAFIA

AGENCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (2008). Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>> Acesso em: 20 de agosto de 2008.

BELLA CALHA (2008). Disponível em: <<http://www.bellacalha.com.br>> Acesso em: 15 de agosto de 2008.

CASAN – Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. Disponível em: <<http://www.casan.com.br>> Acessado em: 01 de outubro de 2008.

DA SILVA, S. G., GONÇALVES, M. O. (2005). *Programas Permanentes de Uso Racional da Água em Campi Universitários: O Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo*. Artigo Técnico. São Paulo, 2005.

DE MELO LISBOA, H; COSTA, R. H. R.; WALTORT, L. M. B. (1992). *Análise da qualidade das águas da chuva no campus Universitário da UFSC no período de maio de 1991 a janeiro de 1992*. Florianópolis, UFSC, 1992.

DECRETO Nº 24.643/34. Código das Águas, 1934.

DECRETO Nº 099, de 1º de março de 2007.

DENARDIN, F. V. (2004). *De Capital Natural a Capital Natural Crítico: a Aplicação da Matriz de Deliberação na Gestão Participativa dos Recursos Hídricos no Oeste Catarinense*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004.

ECO ÁGUA (2008). Disponível em: <<http://www.ecoagua.pt>> Acesso em: 15 de agosto de 2008.

EMBRAPA (2008). Disponível em:< <http://www.embrapa.br/>> Acesso em: 3 de setembro de 2008.

EPAGRI-SC. Gerência de Recursos Naturais. Estação Meteorológica de Florianópolis. Estação Climatológica Principal. Acesso em: 30 de agosto de 2008.

FERNANDES, M. R. D.; NETO, M. B. V.; MATTOS, C. M. K. (2007). *Viabilidade Econômica do Uso da Água da Chuva: Um Estudo de Caso da Implantação de Cisterna na UFRN / RN*. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu-PR, 2007.

FIESP (2008). *Conservação e Reuso de Água*. Manual de Orientações para o Setor Industrial. Volume 1. São Paulo, 2008.

GHISI, E., GUGEL, C. E. (2005). *Instalações Prediais de Águas Pluviais*. Apostila da disciplina ECV5317 – Instalações I. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

GNADLINGER, J. (2006). Tecnologias de captação e manejo de água de chuva em regiões semi-áridas. Artigo Técnico. Fortaleza, 2006.

GONÇALVES, B. G. (2004). *Estudo de Viabilidade para a Implantação de um Sistema de Captação e Aproveitamento da Água de Chuva no Prédio de Salas de Aula do Centro Tecnológico – CTC*. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

GROUP RAINDROPS (2002). Aproveitamento da Água da Chuva. Curitiba, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2008). Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)> Acesso em: 28 de novembro de 2008.

JAQUES, C. R. (2005). *Qualidade da Água de Chuva no Município de Florianópolis e sua Potencialidade para Aproveitamento em Edificações*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2005.

KOBIYAMA, M.; CHECCHIA, T.; SILVA, R.V. (2005). *Tecnologias alternativas para aproveitamento de águas*. Florianópolis: UFSC/CTC/ENS. 110p.(Apostila para Curso de Especialização em gestão de Recursos Hídricos). 2005.

NBR 10844 – *Instalações prediais*. ABNT – NB – 611/81, 1981.

NBR 12217 – *Projeto de Reservatório de distribuição de água para abastecimento público*. ABNT, 1994.

NBR 15527 – *Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos*. ABNT, 2007.

NERILO, N.; MEDEIROS, P. A.; CORDERO, A. (2002). *Chuvas Intensas no Estado de Santa Catarina*. Editora da UFSC. Florianópolis, 2002.

NETTO, A., ALVAREZ, G. A. (1998). *Manual de Hidráulica*. Volume II. São Paulo, Edgard Blücher, 1998.

OLIVEIRA, Y. (2004). *Uso do Balanço Hídrico Seriado para o Dimensionamento de Estrutura de Armazenamento de Águas das Chuvas: Estudos de Casos*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2004.

PETERS, R. M. (2006). *Potencial de Uso de Fontes Alternativas para Fins Não Potáveis em uma Unidade Residencial*. Dissertação de Mestrado, Universidade federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2006.

PORTAL TURÍSTICO (2008). Disponível em: <<http://www.sc.gov.br/portalturismo>> Acesso em: 19 de setembro de 2008.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SEARA (2008). Disponível em: <<http://www.seara.sc.gov.br>> Acesso em: 23 de setembro de 2008.

PROJETO FERROCIMENTO (2005). Universidade Federal do Ceará - UFC. Fortaleza, 2005.

SANTOS, I.A. (2006). *Aproveitamento de água da chuva na Região de Alto Vale do Itajaí*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, 2006.

THIESEN, A. (2004). *Viabilidade Econômica do Aproveitamento de Águas Pluviais numa Residência Unifamiliar*. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2004.

TOMAZ, P. (2000). *Previsão de Consumo de Água*. Ed. Navegar. São Paulo – SP. 2000. 250p.

TOMAZ, P. (2003). *Aproveitamento de Água de Chuva*. Ed. Navegar. São Paulo – SP. 2003. 180p.

3P TECHNIK FILTERSYSTEME GMBH. *Aproveitamento de Água Pluvial*. Disponível em: <<http://www.3ptechnik.de/brazil/index.php>> Acessado em: 16 de setembro de 2008.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO” – UNESP (2008). Disponível em: < [www.dec.feis.unesp.br/dib/agua\\_pluvial.ppt](http://www.dec.feis.unesp.br/dib/agua_pluvial.ppt)> Acesso em: 6 de agosto de 2008.

YWASHIMA, L. A.; ILHA, M. S. O.; CRAVEIRO, S. G.; GONÇALVES, O. M. (2006). *Método para Avaliação da Percepção dos Usuários para o Uso Racional de água em Escolas*. ENTAC 2006 - XI Encontro nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Vol. 1, Florianópolis, SC, 2006.



## ANEXO

ORÇAMENTO DOS TUBOS E CONEXÕES				
Materiais	Unidade	Quantidade	Preço unitário	Preço
Calha 3m (125mm)	un	28	35,30	988,40
Emenda (125mm)	un	8	8,90	71,20
Bocal (125 x 88mm)	un	8	14,80	118,40
Grelha Flexível	un	8	6,70	53,60
Cabeceira direita	un	2	4,30	8,60
Cabeceira esquerda	un	2	4,30	8,60
Condutor circular 3m (88mm)	un	4	25,90	103,60
Joelho 60 circular	un	16	5,30	84,80
Acoplamento circular	un	8	3,10	24,80
Suporte metálico (125mm)	un	80	7,60	608,00
Vedação	un	60	0,47	28,20
Pasta lubrificante (400g)	un	1	10,50	10,50
Tubo Série Normal 6m (150mm)	un	12	89,50	1074,00
Redução excêntrica (150 x 100mm)	un	8	10,90	87,20
Tê Série Normal (150 x 150mm)	un	1	30,00	30,00
Joelho 90 Série Normal (150mm)	un	16	22,00	352,00
Anel de Borracha Série Normal (150mm)	un	25	3,78	94,50
Anel de Borracha Série Normal (100mm)	un	8	0,96	7,68
Caixa d'água (500L)	un	2	154,00	308,00
Cap série normal (150mm)	un	2	17,30	34,60
Adapt. Sold. com Flanges Livres (40mm)	un	1	13,20	13,20
Adapt. Sold. com Flanges Livres (50mm)	un	1	15,10	15,10
Registro Esfera VS Soldável (40mm)	un	1	18,90	18,90
Registro Esfera VS Soldável (50mm)	un	1	22,50	22,50
Registro Esfera VS Soldável (32mm)	un	5	14,30	71,50
Joelho 90 (40mm) Esgoto	un	4	0,81	3,24
Tê (40mm) Água Fria	un	1	3,80	3,80
Tê de redução série normal (100 x 50mm)	un	1	6,90	6,90
Bóia-mangueira	un	2	11,30	22,60
Fita Veda Rosca 18mmx25m	un	1	2,00	2,00
Tubulação 6m (50mm)	un	35	38,70	1354,50
Tubulação 6m (20mm)	un	2	7,90	15,80
Bomba centrífuga BCR-2000 1/4 CV	un	1	262,00	262,00
Válvula solenóide (de máquina de lavar roupa)	un	1	15,00	15,00
Válvula solenóide	un	1	250,00	250,00
Bóia automática	un	4	21,90	87,60
Mão-de-obra	dia	2	150,00	300,00
Frete	dia	1	300,00	300,00
			<b>Sub-Total R\$:</b>	<b>6861,32</b>